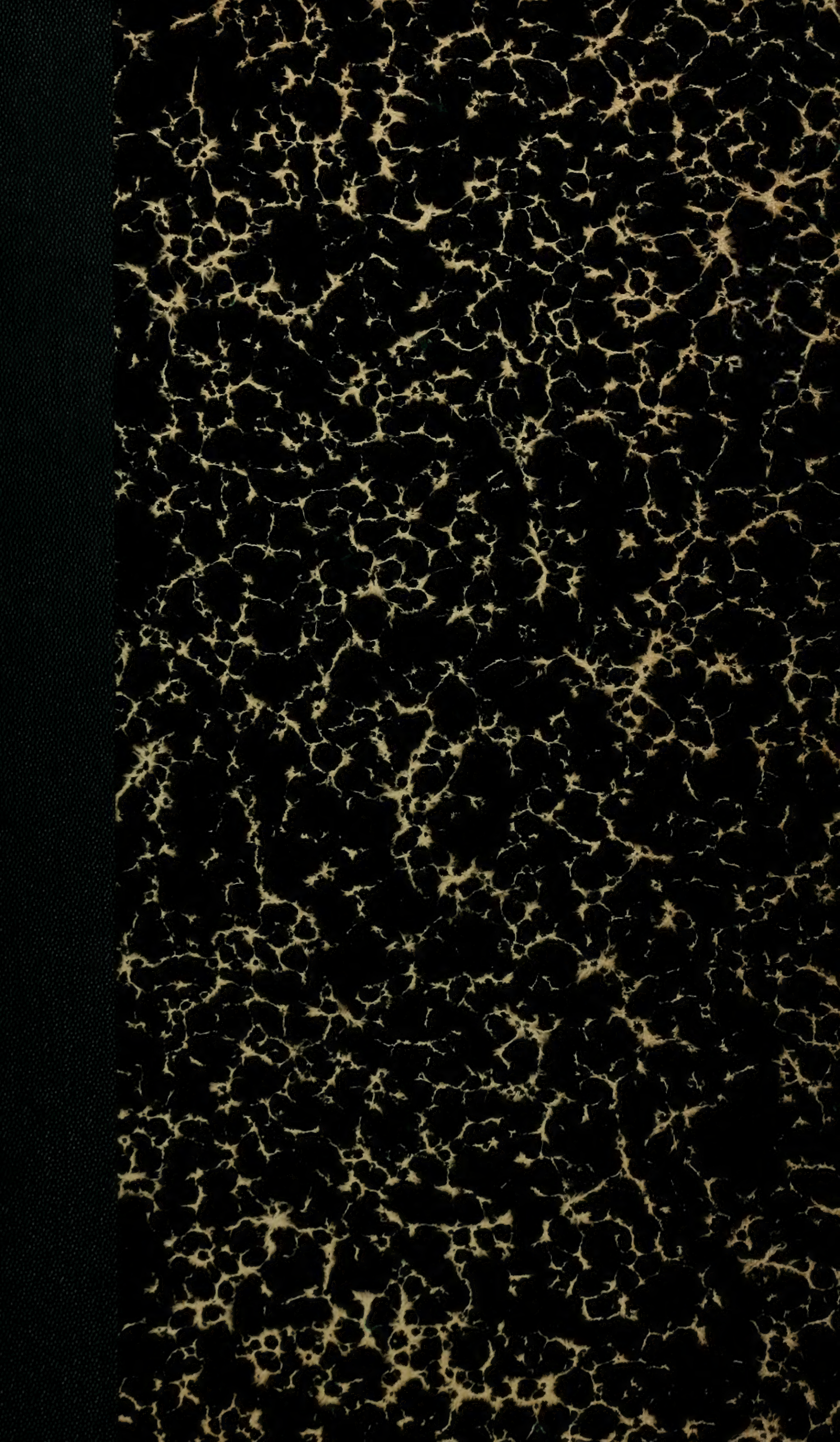



GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1899
R.W. Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL
DELACHAUX ET SANDOZ

1867

DE LA

STRUCTURE DES ANNÉLIDES

NOTE COMPRENANT UN EXAMEN CRITIQUE

DES

TRAVAUX LES PLUS RÉCENTS SUR CETTE CLASSE DE VERS[1]

PAR

ED. CLAPARÈDE

Un séjour de cinq à six mois à Naples pendant l'hiver de 1866-1867 m'a permis de me consacrer d'une manière soutenue à l'étude des Annélides du golfe. La richesse extraordinaire de cette mer faisait abonder autour de moi des matériaux en abondance trop grande pour que je pusse les utiliser tous, et je pus, dès le premier jour, me convaincre combien est erronée cette opinion de M. de Quatrefages[2], que les côtes volcaniques sont pauvres en Annélides. La pénurie que ce savant a constatée çà et là tenait certainement à d'autres causes que la vulcanicité.

Les Annélides de Naples ont été en somme peu étu-

[1] Cet article est tiré de l'introduction à un ouvrage sur les Annélides du golfe de Naples, publié par les soins de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. Ce mémoire, actuellement sous presse, sera accompagné de 31 planches in-4°.

[2] *Histoire naturelle des Annelés*, tome I, p. 153.

diées. Elles l'ont été plus cependant qu'on ne paraît le croire en général. Delle Chiaje, armé de son esprit d'investigation toujours infatigable, leur a consacré bien des heures d'observation. Il a entassé dessins sur dessins, souvent sans prendre la peine d'y joindre un texte correspondant. Ses publications ont été faites avec peu de méthode et peu de suite. Aussi Delle Chiaje a-t-il été peu compris, souvent méconnu [1]. Ses ouvrages sont des carrières inépuisables d'où l'on ne sortira que lentement les blocs grossièrement équarris. Combien de fois n'ai-je pas cru produire au jour des faits entièrement nouveaux, pour me convaincre bientôt, par l'examen attentif des dessins de mon illustre prédécesseur, que ces faits lui étaient parfaitement familiers [2]. Aussi à chaque page, dans

[1] Delle Chiaje s'est plaint lui-même d'avoir été méconnu par Carus, Meckel, Wagner, M. Edwards et M. Grube (*Descrizione e notomia*, etc., 1841, tome III, page 69). Il pourrait augmenter encore aujourd'hui cette liste.

[2] Je n'en veux citer pour le moment qu'un exemple pris en dehors du sujet dont je vais m'occuper. On trouve en abondance dans le golfe de Naples un beau turbellarié dendrocèle, le *Thysanozoon tuberculatum* (*Planaria tuberculata* Delle Chiaje, *Thysanzooon Diesingii* Grube). En étudiant cet animal, je fus frappé par différentes particularités anatomiques, surtout par la suivante : L'appareil mâle est formé de deux moitiés complétement distinctes. Il existe deux pénis débouchant à l'extérieur, chacun isolément, dans la partie antérieure du corps, en avant du pore féminin. On connaissait jusqu'ici des dendrocèles à une seule ouverture sexuelle, d'autres à deux, mais en voici maintenant à trois ouvertures. Ce fait exceptionnel me frappa à juste titre. Mais quelle ne fut pas ma surprise, en feuilletant les travaux de Delle Chiaje, d'y trouver une figure, sans explication, sans texte, sans nom même au bas de la page, figure qui représente à n'en pas douter une partie de la surface ventrale du *T. tuberculatum* et qui indique très-exactement les trois pores sexuels ! (Voy. *Descrizione e notomia degli animali senza vertebre*. Tab. 109, fig. 19. Les pores masculins portent la lettre *d*, le pore féminin la lettre *r*.) Cette

le cours de ce mémoire, aurai-je à faire sortir Delle Chiaje de l'obscurité imméritée dans laquelle il est trop souvent resté plongé et à le faire briller au premier rang. Qu'on ne m'accuse pas de partialité en sa faveur. Si je laisse souvent dans l'oubli ses erreurs, nombreuses j'en conviens, c'est qu'elles n'ont eu aucune influence sur la marche de la science.

Les circonstances dans lesquelles j'ai entrepris ce travail étaient éminemment favorables. La science venait d'être enrichie de deux ouvrages importants relatifs aux Annélides : l'un de M. Ehlers, l'autre de M. de Quatrefages. L'un et l'autre faisaient plus ou moins profession de représenter l'état actuel de nos connaissances. Etayé de ce double compendium, je pouvais cheminer d'une manière bien plus sûre dans une voie rendue facile.

Je ne me dissimule pas combien je suis redevable aux auteurs de ces ouvrages de peines évitées, de recherches facilitées [1], d'erreurs sapées même avant leur naissance. Toutefois, sans être injuste à leur égard, il m'est permis de dire que le compendium n'a pas toujours tenu ce qu'il semblait promettre.

L'ouvrage de M. Ehlers, dont il n'a paru qu'une livrai-

figure a sommeillé depuis l'année 1841, ignorée de tous. — Delle Chiaje a inscrit en tête de l'un de ses ouvrages la devise : *Res non verba*. Il lui est resté fidèle, trop fidèle même.

[1] Il m'est impossible cependant, à ce propos, de ne pas faire à l'ouvrage de M. de Quatrefages un reproche qui, sans doute, ne doit pas remonter jusqu'à son auteur. Je veux parler de la multitude de citations fausses. La proportion des fautes typographiques dans l'indication des volumes, des pages, des planches et des figures dépasse tout ce qu'on peut imaginer, et enlève à l'œuvre un des mérites pour lesquels elle aurait été le plus souvent consultée. Nulle part l'exactitude n'aurait été plus à souhaiter que dans cette sorte de dictionnaire de la science.

son comprenant l'ordre des Néréidiens, n'a de général que le titre. Il comprend en réalité une série de monographies anatomiques consacrées à quelques espèces de l'Adriatique. Ces monographies sont reliées en une sorte de tout par des considérations taxonomiques. Rien qui mérite le nom d'un *Traité des Annélides*. Le nombre des types étudiés par l'auteur est trop faible pour cela. Quoi qu'il en soit, les monographies de M. Ehlers sont des modèles d'exactitude. Partout où j'ai été dans le cas de répéter les observations de cet anatomiste, j'ai dû me pénétrer de leur parfaite vérité, jusque dans les détails d'ordre secondaire.

L'*Histoire naturelle des Annelés* de M. de Quatrefages répond mieux à son titre. C'est un véritable *Traité des Annélides polychètes*. L'auteur se propose deux buts, d'abord une classification naturelle basée sur l'anatomie, puis une énumération de tous les noms et synonymes, afin que chacun puisse rechercher plus facilement les nombreux mémoires et passages relatifs aux Annélides, documents qui sont aujourd'hui disséminés un peu partout. L'auteur a consacré une attention soutenue, un travail assidu et prolongé à cette œuvre en partie aride, dont les fruits seront cueillis surtout par d'autres. Sans doute cette immense compilation renferme quelques lacunes, quelques omissions, dont plusieurs seront indiquées dans ce mémoire, mais il n'eût guère pu en être autrement en présence du dédale dans lequel l'auteur devait rétablir l'ordre. Le fil conducteur que l'*Histoire des Annelés* nous met en main, sera dorénavant un guide à ne point dédaigner. Ce guide, il est vrai, ne doit pas être employé sans contrôle. L'auteur a souvent consulté des planches sans prendre la peine de lire le texte correspondant. L'imper-

fection d'un dessin, un coup de burin fâcheux l'ont parfois entraîné dans de graves méprises. Ainsi, dans sa famille des Nériniens, M. de Quatrefages caractérise les vers du genre *Pygospio* Clprd. par la seule circonstance qu'ils ont des pieds uniramés en opposition à tout le reste de la famille où les pieds sont biramés [1]. Il suffit d'ouvrir le volume où j'ai établi le genre Pygospio [2] pour voir que j'indique les pieds comme biramés, que je décris en détail chaque rame et les soies qu'elle porte. M. de Quatrefages, négligeant de lire le texte, a sans doute établi sa caractéristique fausse d'après une figure sur une petite échelle qui accompagne mon mémoire, figure dans laquelle la rame dorsale recouvre la rame ventrale et ne la laisse guère apercevoir. Autre exemple tout semblable : J'ai décrit [3] sous le nom de *Lumbriconereis Edwardsii* un Eunicien des côtes de Normandie, que M. de Quatrefages rapporte au genre Notocirrus [4], genre distingué des Lumbriconereis par l'existence d'un cirre dorsal à chaque pied. Or, l'Annélide en question a des pieds de vraie Lumbriconereis et nulle part je n'ai décrit ni figuré de cirre dorsal. La méprise de M. de Quatrefages vient encore ici de ce que, négligeant le texte, il s'est attaché à la planche seule. Dans celle-ci, par une erreur du graveur, le pied est représenté renversé; la petite languette terminale qu'on trouve chez toutes les Lumbriconereis aura été prise dans cette position par le savant français pour un cirre dorsal de Notocirrus. Un peu d'attention cepen-

[1] *Histoire naturelle des Annelés*, tome I, p. 437.

[2] *Beobachtungen über Anat. und Entwicklung wirbelloser Thiere an der Küste der Normandie angestellt.* Leipzig, 1863, p. 37.

[3] *Ibid.* p. 58.

[4] *Histoire naturelle des Annelés*, tome I, p. 376.

dant eût pu faire reconnaître le renversement de position, surtout pour M. de Quatrefages qui ne s'est pas laissé induire en erreur par les planches d'Audouin et M. Edwards, où les pieds des Lumbriconereis sont aussi représentés renversés.

J'ai cité ces deux exemples, parce qu'ils me concernent, mais je n'ai pas été plus maltraité que bien d'autres et j'aurai à relever trop souvent des méprises analogues dans le cours de ce mémoire. Cependant, je le répète, avec un peu de circonspection, l'*Histoire des Annelés* pourra être employée comme un guide extrêmement utile.

En revanche, je ne puis admettre que l'*Histoire des Annelés* représente l'état actuel de la science au point de vue anatomique et physiologique. Nous devons à M. de Quatrefages une multitude d'observations importantes sur ce sujet. Nul n'a étudié les Annélides d'une manière aussi soutenue que lui; nul surtout n'a eu entre les mains un aussi grand nombre de types et ne les a étudiés à des points de vue aussi variés. J'ai déjà payé ailleurs de la manière la plus formelle mon tribut d'admiration à ces travaux [1]. Malheureusement, fort de ses recherches nombreuses et approfondies, l'auteur de l'Histoire naturelle des Annelés a trop souvent oublié qu'il avait eu des prédécesseurs et que des contemporains exploraient avec ardeur le même terrain que lui. Sans doute, dans un ouvrage qui n'est qu'un épitome de la science, l'histoire ne peut occuper une grande place, et l'auteur est obligé de se placer à un point de vue entièrement objectif. Mais ce n'est point ce qu'a fait M. de Quatrefages, dont la personnalité se met

[1] Voyez *Glanures zootomiques parmi les Annélides de Port-Vendres.* Genève, 1864.

toujours en avant, même dans la narration de faits connus vingt ou trente ans avant les premiers débuts scientifiques de l'auteur. Il en résulte une véritable falsification de l'histoire de la science, falsification inconsciente sans doute, mais regrettable pourtant. Si, dans le cours de ce mémoire, je rappelle souvent les travaux d'anciens observateurs, c'est en partie une protestation contre l'ostracisme dont ils commencent à être frappés.

D'ailleurs, si M. de Quatrefages a souvent cru pouvoir se passer des observations de ses devanciers et de ses contemporains, c'est à son détriment. Combien d'erreurs que j'aurai à combattre auraient été évitées, si l'auteur eût étudié consciencieusement les travaux de Rathke, de Delle Chiaje, de M. Grube et de tant d'autres, s'il eût tenu compte des études des histiologistes, tels que MM. Kölliker, Leydig, etc. Il n'eût pas fait, comme cela lui est arrivé quelquefois, pour la structure des branchies par exemple, rétrograder la science jusqu'à l'époque de Pallas.

Ce jugement peut paraître sévère, mais il sera amplement justifié. Je ne pense pas d'ailleurs que la grandeur de l'œuvre interdise d'en signaler les défauts. Celui que je viens d'indiquer ne saurait d'ailleurs être dissimulé. Il en est un second sur lequel je ne puis me taire. Pourquoi M. de Quatrefages, qui connaît si admirablement les Annélides, s'est-il laissé entraîner à décrire tant de genres et d'espèces d'après des individus conservés dans l'alcool au Muséum de Paris ? Il sait mieux que personne que ce genre de travail est profondément inutile, que les Annélides ne peuvent bien s'étudier qu'au bord de la mer à l'aide d'individus vivants. Décrire, comme il le fait, tant de *variétés alcooliques*, c'est embarrasser la

science d'un *caput mortuum* dont il faudra de longues années pour se débarrasser[1].

Je suivrai pas à pas dans ces pages l'introduction à l'*Histoire naturelle des Annelés*, non point pour en faire une réédition, ni pour les critiquer en Zoïle. Mais s'il est inutile de revenir sur une foule de faits, qui y sont établis d'une manière définitive, je désire cependant insister sur les points où je ne puis être d'accord avec l'auteur. Je désire aussi rappeler mainte observation ancienne qui ne doit point être oubliée. J'adopte d'une manière générale la terminologie de M. de Quatrefages et, lorsque je m'en écarte, ce n'est pas sans en indiquer les raisons.

Régions du corps et appendices. Après bien des discussions sur la valeur des parties extérieures du corps des Annélides, la plupart des auteurs récents ont adopté la nomenclature de M. Grube qui donne le nom de segment buccal au segment porteur de la bouche et celui de lobe céphalique *(Præstomium* Huxley) à tout ce qui est placé plus en avant. J'adopte cette manière de voir qui a l'avantage de ne pas trancher la question, indécise dans bien des cas (Glycères, Némodriles, etc.), du nombre des segments constitutifs du lobe céphalique. En outre, le segment buccal est souvent si semblable aux suivants qu'il n'est guère possible de le rattacher à une région différente. M. de Quatrefages, reprenant une opinion déjà

[1] Un juge bien compétent, M. le professeur Schjödte, de Copenhague, me disait il y a peu de jours : « Les musées pèsent lourdement sur la science. » Parole trop vraie dans bien des cas.

défendue par Rathke[1], considère le lobe céphalique et le segment buccal comme formant ensemble la tête, mais il ne tient pas lui-même outre mesure à cette opinion, puisqu'il donne le plus souvent dans ses descriptions ce nom de *tête* au lobe céphalique seul.

M. de Quatrefages a tenté d'introduire une simplification dans la nomenclature des appendices de la région céphalique en donnant le nom d'*antennes* à tous les appendices qui naissent du lobe céphalique, celui de *tentacules* à tous ceux du segment buccal et celui de *cirres tentaculaires* à ceux des premiers pieds, lorsqu'ils revêtent des caractères qui les distinguent d'une manière marquée de leurs homologues appartenant aux pieds placés plus en arrière. Cette nomenclature, qui semble heureuse au premier abord, offre bien des inconvénients et souvent elle se montre inapplicable dans l'espèce. D'abord les appendices du lobe céphalique sont parfois entièrement différents les uns des autres au point de vue de la fonction aussi bien que de la structure, ce qui a engagé la plupart des auteurs à leur donner des noms divers. Quelle différence en particulier entre les palpes (*antennes latérales*, Aud. et Edw. Qtrfg.) et les antennes frontales des Lycoridiens. Les premiers charnus, multiarticulés, en partie rétractiles, remplis par l'étalement du plus gros nerf du corps, les seconds filiformes, simples, non rétractiles, peu riches en nerfs. Quelle distance également entre les palpes (Kinberg et tous les auteurs récents) et les vraies antennes chez les Aphroditiens! Cela est si vrai que M. de Quatrefages n'a pu rester fidèle à son principe dans

[1] *De Bopyro et Nereide, commentationes anatomico-physiologicæ duæ.* Rigæ et Dorpati, 1837, p. 26.

tous les cas. Ainsi conserve-t-il chez les Syllidiens le nom de *lobes frontaux* pour des organes évidemment homologues des *palpes* des Lycoridiens et qui devraient par conséquent, dans sa nomenclature, porter le nom d'*antennes.* Cette homologie a déjà été constatée par Rathke et personne ne l'a contestée que je sache. Il est vrai que M. de Quatrefages n'est pas toujours conséquent dans son inconséquence, car, lorsque chez certains Syllidiens les palpes s'allongent, il leur restitue le nom d'antennes[1].

Un second inconvénient de la nomenclature de M. de Quatrefages, c'est qu'elle est inapplicable dans tous les cas où les segments antérieurs sont très-condensés et où il n'est plus possible de déterminer à quel segment appartient une paire d'appendices donnée. Nous verrons par exemple chez les Phyllodociens et les Hésioniens les auteurs ne pouvoir s'entendre sur cette détermination et M. de Quatrefages se laisser entraîner par sa théorie des appendices à établir des genres que personne n'acceptera. Nous voyons encore le savant Académicien, par amour de la théorie, supprimer d'un trait de plume l'anneau buccal de la plupart des Sigalionides, ou du moins leur attribuer « un anneau buccal *indistinct,* dépourvu d'appendices. » Rien de plus distinct pourtant que le segment buccal de ces Annélides, seulement il porte une paire de pieds et des soies, ce que ne devrait jamais faire un segment buccal dans la théorie de M. de Quatrefages. Malheureusement, l'auteur ne se doute pas que toutes les Polynoés portent également quelques soies au segment qu'il considère comme l'anneau buccal, et qu'il

[1] Il le leur restitue même avec usure, car, chez les Polybostriches, il considère les deux palpes bifurqués à l'extrémité comme quatre antennes.

serait nécessaire aussi d'imaginer pour elles un « anneau buccal indistinct, sans appendices. »

M. de Quatrefages nous donne pourtant une règle, d'application difficile il est vrai, mais une règle enfin. pour la détermination des segments et de leurs appendices. Le lobe céphalique et les antennes, dit-il, reçoivent leurs nerfs du ganglion cérébral; le segment buccal et ses tentacules, des connectifs œsophagiens; les cirres tentaculaires, de la chaîne ganglionnaire ventrale. Cette thèse n'est pas soutenable en face des progrès de l'embryologie moderne. Déjà Schaum a prétendu que chez tous les articulés un segment est caractérisé par la possession d'un ganglion et il est parti de ce principe pour nier que la tête des Arthropodes fût formée de plusieurs segments soudés. Cette doctrine a été immédiatement réfutée. En effet, le système nerveux se différencie relativement fort tard chez les embryons d'articulés. Au contraire, l'apparition des segments, des protozonites comme on les a nommés, est, dans bien des cas, le résultat de l'une des premières modifications du blastoderme. Ces segments primitifs se réunissent en groupes, se soudent parfois les uns aux autres, longtemps avant la différenciation du système nerveux et, lorsque ce système se développe, le nombre de ces ganglions n'est pas forcément identique à celui des segments primitifs. Chez les Annélides en particulier, la formation du système nerveux suit bien parfois d'assez près celle des segments, chez les embryons des Capitelles par exemple; mais le plus souvent elle est beaucoup plus tardive. Je ne conteste pas, il est vrai, que chez beaucoup d'Annélides, la naissance et la distribution des nerfs ne soit conforme à la règle de M. de Quatrefages. Toutefois, nous verrons que dans certains cas ce n'est pas seule-

ment le segment buccal, mais ce sont aussi quelques-uns des segments suivants qui reçoivent leurs nerfs des connectifs œsophagiens, ainsi chez certains Aphroditiens, quelques Hésioniens, etc. Dans la théorie de M. de Quatrefages, il faudrait considérer l'ensemble de ces anneaux comme constituant un segment buccal multiannelé. Et pourtant, chacun d'eux porte une paire de pieds et offre d'ailleurs tous les caractères d'un segment indépendant.

Pour ma part, j'emploie le nom d'*antennes* pour tous les appendices du lobe céphalique, mais lorsque deux de ces appendices naissent de la partie inférieure de ce lobe, en revêtant des caractères anatomiques et physiologiques tout spéciaux, je leur donne avec la plupart des auteurs le nom de *palpes*. Les cirres modifiés du segment buccal et des segments suivants sont désignés dans ce mémoire sous le nom de *cirres tentaculaires*.

Sans vouloir m'étendre ici sur la conformation des pieds chez les Annélides, je désire indiquer quels sont les rapports des soies avec les tissus qui les environnent. Certains auteurs les considèrent comme renfermées dans une poche qui ne serait qu'une invagination des téguments ; d'autres pensent qu'elles sont engendrées dans un follicule interne et qu'elles n'arrivent que secondairement à la surface. Cette seconde opinion est seule exacte. Dans certains cas, chez les Hésiones et d'autres par exemple, tout le faisceau sort compact par une seule ouverture pédieuse, mais d'autres fois chaque soie a son ouverture spéciale. C'est ce qui arrive surtout pour les faisceaux flabelliformes. Le pore d'issue de chaque soie n'est point préformé. La soie se charge de le perforer elle-même. La chose est facile lorsque les tissus du ver sont mous. Il

n'en est plus de même, quand l'Annélide est protégée par une cuticule résistante et lorsque la soie, armée de crochets en sens divers, serait propre à s'embarrasser dans les tissus et à y produire des déchirures graves. Dans ces cas, l'extrémité de la jeune soie est surmontée d'un petit appareil provisoire se terminant par une lame extrêmement tranchante, destinée à découper franchement à la soie son chemin dans les tissus et à empêcher les déchirures. La forme de cette pièce varie beaucoup avec celle de la soie et surtout celle des crochets dont le passage doit avoir lieu sans lésion des parties voisines. J'ai déjà signalé précédemment quelques exemples de cette singulière disposition, mais ils ont passé inaperçus. On en trouvera beaucoup d'autres dans le cours de ce mémoire [1].

Téguments et appareil musculaire. Les téguments sont composés de deux couches, l'une interne et cellulaire (corium Rthk., derme Qtrfg.) correspondant à la couche sous-cuticulaire ou chitinogène des autres articulés, l'autre extra-cellulaire, la cuticule (épiderme Rthk. Qtrfg.) tantôt très-délicate, tantôt composée d'une épaisse couche de chitine. Les téguments n'ont jusqu'ici été étudiés avec soin que par M. Kölliker, auquel nous devons d'ailleurs plusieurs excellents travaux sur l'histiologie des Annélides, travaux restés malheureusement tous inconnus à l'auteur de l'*Histoire naturelle des Annelés.*

La couche superficielle mérite le nom que lui a donné M. Kölliker. Elle rentre entièrement au point de vue de l'histogénèse dans la catégorie des formations cuticulai-

[1] Voir surtout plus loin sous le chef *Aphrodita aculeata*, où ce sujet est traité en détail.

res. La couche sous-cuticulaire (*hypoderme* Weismann) qui la sécrète peut être souvent appelée avec M. Kölliker du nom d'épithélium, toutefois, dans la plus grande partie des cas, il n'est point possible d'y reconnaître les limites des cellules constitutives. Les nucléus y paraissent plutôt semés avec une assez grande régularité dans une couche granuleuse continue, comme M. Baur l'a vu pour certains Arthropodes. Partout où la cuticule atteint une certaine épaisseur, elle se montre ornée de deux systèmes de stries à angle droit (ou plus souvent 70° environ), déjà très-bien vus par M. Kölliker[1]. Les pores tubulaires (*Porenkanäle* des Allemands), lorsqu'ils existent, sont distribués en lignes congruentes avec ces stries. M. Kölliker a été frappé de la distance qui sépare ces pores les uns des autres. Souvent, dit-il, il n'en correspond pas plus d'un à chaque cellule sous-jacente et il se demande si ces ouvertures sont bien les homologues des pores tubulaires (Porenkanäle) des Arthropodes, s'il ne convient pas plutôt de les rapprocher des ouvertures de glandes cutanées, comme celles découvertes par M. Leydig chez les Piscicoles; ou encore des poils des Insectes et des Crustacés. A cette question, je puis répondre d'une manière positive que les deux catégories de pores existent chez les Annélides. Ceux qui servent au déversement de certaines sécrétions paraissent exister chez toutes les espèces. Ils atteignent parfois, chez les grandes espèces surtout, un diamètre considérable, mais d'ordinaire ils sont

[1] M. de Quatrefages, auquel les stries ne sont point inconnues, y voit l'expression de deux systèmes de fibres, opinion discutable pour certains vers. Dans tous les cas, le savant académicien attribue avec raison à ces stries les irisations de la surface du corps de tant d'Annélides.

très-espacés. Quelquefois cependant on les trouve réunis en groupes ou îlots. Les pores en canalicules sont bien plus petits, bien plus rapprochés et ne correspondent point à des glandes. On ne les trouve que chez les espèces à cuticule épaisse et même point chez toutes. J'en décrirai en détail quelques exemples, chez des Euniciens en particulier. Partout où ces pores tubulaires très-fins et serrés existent, on trouve en outre les larges pores glandulaires clair-semés. Cette description est vraie non-seulement de la cuticule externe, mais encore de celle du pharynx lorsqu'elle atteint une grande épaisseur.

La couche sous-cuticulaire, le derme de M. de Quatrefages, paraît renfermer presque toujours des follicules glanduleux, et cela dans toutes les régions, même dans les cirres et les antennes. Ces follicules se déversent au dehors par les pores glandulaires que je viens de décrire. Les uns ne sécrètent qu'un liquide épais ; d'autres engendrent des faisceaux de bâtonnets dans leur intérieur, et je désignerai ceux-ci sous le nom de *follicules bacillipares* ; d'autres enfin sécrètent des granules.

La bibliographie relative aux corpuscules bacillaires chez les Annélides est déjà riche. C'est à M. Max Müller qu'appartient la priorité de la découverte de ces organes qu'il décrivit et figura de la peau de deux formes larvaires et de celle des Chétoptères. Depuis lors ils ont été observés par M. Strethill Wright chez les Spios, par M. Fr. Müller chez les Cherusca, par M. Danielssen chez les Scalibregma, etc. Moi-même je leur ai consacré une attention toute spéciale. Je les ai fait connaître chez les Phyllodociens, chez une Tomopteris (avec mon ami M. le professeur Carpenter), chez une Sphærosyllis, chez les Sphærodorum, chez les Palmyrides, et j'ai montré que

dans certaines circonstances le contenu de ces follicules est déchargé subitement à l'extérieur. M. Kölliker a confirmé entièrement ces observations. M. Ehlers, chez les Phyllodociens, a retrouvé également les follicules bacillipares et leur a attribué la sécrétion de la mucosité. Il est curieux que des observations aussi multipliées aient pu échapper entièrement à l'auteur de l'*Histoire naturelle des Annelés*.

Certaines familles ont leurs téguments littéralement bourrés de follicules bacillipares, même dans les cirres et les antennes. C'est le cas surtout pour tous les Spiodiens, tous les Ariciens et une grande partie des Chétoptériens. Leur abondance est aussi remarquable chez une foule de Phyllodociens et certains Hésioniens. Chez ces derniers surtout, leur groupement et leurs rapports avec les pores excréteurs sont très-remarquables. Le rôle de ces organes est, il est vrai, encore entièrement problématique. Je les ai comparés autrefois aux cellules pleines d'aciules des Turbellariés, et aux organes urticants des Mollusques apneustes, des Acalèphes et des Anthozoaires. C'est toujours une pure hypothèse.

Les glandes tubulaires remplies de granulations sphériques ont été signalées d'abord par moi chez diverses Annélides. Elles atteignent parfois une taille très-grande, en particulier chez les Lycoridiens, et, dans ce cas, le glomérule formé par l'enchevêtrement des tubes glandulaires a déjà été connu des anciens auteurs et considéré comme un sac. M. de Quatrefages [1] a eu connaissance de l'un des passages [2] où j'ai parlé de ces organes et où j'ai cité une observation analogue de M. Keferstein, mais par

[1] *Histoire naturelle des Annelés*, t. I, p. 75.

[2] *Beobachtungen über Anatomie u. Entw.* p. 52.

une singulière méprise, il nous fait décrire des circonvolutions de vaisseaux sanguins, tandis que nous parlons très-positivement de boyaux glandulaires. La confusion n'est guère possible, car il s'agit de Néréides, chez lesquelles les boyaux en question sont incolores, tandis que les vaisseaux sont d'un beau rouge. M. Kölliker a été le premier a découvrir chez le *Sphaerodorum Peripatus*, que chacun des boyaux des glomérules renfermés dans les appendices sphériques s'ouvre à l'extérieur par un pore spécial. Cette observation vient d'être réitérée par M. Richard Greef chez le *Sphaerodorum Claparedii*.

Système musculaire. Les muscles des Annélides offrent des variations extraordinaires dans leur structure histiologique, comme j'aurai plus d'une fois l'occasion de le montrer dans le cours de ce mémoire. Tantôt ils sont composés de fibres à bords parallèles, entièrement dépourvues de nucléus, tantôt au contraire de fibro-cellules munies de grands noyaux.

L'existence de fibres-cellules de nature musculaire a été, il est vrai, entièrement déniée aux Annélides par M. Schneider[1]. Mais, bien que ce savant ait raison pour l'immense majorité des cas, nous verrons que cette règle souffre quelques exceptions (pharynx de certaines Néréides, tentacules de divers Térébelliens, etc). Quelquefois la fibre musculaire se sépare en deux couches distinctes, l'une axiale, l'autre corticale, comme M. Leydig[2] a été le premier à le remarquer. Nulle part cette conformation n'est aussi nettement marquée que chez les Nephtys.

[1] Ueber die Muskeln der Würmer und ihre Bedeutung für das System. *Archiv für Anat. und Physiol.* 1864, p. 590.

[2] Ueber Phreoryctes Menkeanus. *Archiv für mikroskop. Anatomie*, Band I, p. 249.

Enfin chez certaines Annélides, comme M. de Quatrefages le relève très-justement, le système musculaire subit une simplification remarquable en perdant sa structure fibrillaire. Parfois on ne trouve plus à la place des muscles qu'un protoplasma contractile semé de noyaux. Nous en montrerons quelques exemples plus loin.

L'*Histoire naturelle des Annelés* signale entre chaque segment une sorte de raphé tendineux sur lequel viennent s'insérer les faisceaux musculaires [1]. Ces raphés n'existent point. Il est facile sur des coupes longitudinales d'Annélides de s'assurer que les faisceaux longitudinaux se continuent sans aucune interruption dans toute la longueur du ver. C'est ce qu'ont déjà vu et décrit Blainville, Delle Chiaje, Rathke, Meckel, etc.

Des planchers musculaires plus ou moins complets divisent quelquefois la cavité périviscérale en plusieurs chambres. M. de Quatrefages cite, comme étant dans ce cas, les Polyopththalmes et la Térébelle coquillière. On pourrait citer beaucoup d'autres exemples. Ainsi les Ophélies, les Polycirrides, beaucoup de Térébellides, les Aphroditiens et la grande majorité des Annélides errantes, chez lesquels la cavité périviscérale est divisée en trois chambres longitudinales; les Glycères, où elle est divisée en deux, etc.

Organes digestifs. M. de Quatrefages a cherché à établir pour les différentes parties du tube alimentaire, surtout de la trompe, toute une nomenclature, dont l'opportunité est au moins contestable, aussi longtemps que les homologies sur lesquelles elle est censée reposer ne sont rien moins que démontrées. Pourquoi, par exemple, donner, chez les Syllidiens, le nom de *région dentaire de*

[1] Cette idée est d'ailleurs renouvelée de Cuvier.

la trompe à un organe à paroi glanduleuse qui ne fait pas partie de la trompe et qui ne renferme pas de dents [1] ? Les noms employés par d'autres auteurs, tels que *portion charnue du pharynx* (M. Edwards), *gésier* (Williams), *proventricule* (Oersted), me semblent bien préférables. Y a-t-il des raisons suffisantes pour mettre au rebut les noms de *ventricule* et de *glandes du ventricule*, employés dans le principe par Rathke à propos des Néréides et répétés par ses successeurs ? Est-il bien urgent de les remplacer par ceux d'*œsophage* et de *glandes salivaires* [2] ? Je ne le pense pas. Les noms de Rathke étaient au moins justifiés par l'analogie. On se représente d'ordinaire les glandes salivaires comme plus ou moins liées à la cavité buccale, tandis que les glandes en question se trouvent souvent à vingt ou trente segments en arrière du segment buccal.

Chez certaines Annélides, la région postérieure de l'intestin, à la suite de la région biliaire, revêt une apparence spéciale. Sa paroi se remplit de cellules sécrétant des concrétions curieuses, destinées sans doute à être éliminées avec les fèces. Je désigne cette partie de l'intestin sous le nom de région urinaire, bien que chimiquement elle ne paraisse pas renfermer d'acide urique [3].

[1] M. de Quatrefages, il est vrai, énumère un certain nombre de Syllidens armés de dents dans cette région, mais nous verrons que dans la plupart des cas, vraisemblablement même dans tous, il y a erreur, et qu'il s'agit de vers appartenant à des familles toutes différentes.

[2] Ce nom de *glandes salivaires* est, il est vrai, renouvelé de Rudf. Wagner, qui l'employait ainsi que celui de *glandes à venin*, parce qu'il admettait qu'un canal partant de ces glandes pénétrait jusqu'à l'extrémité des mâchoires. Ce canal n'existe point. Voyez *Zur Anatomie von Nereis*. Isis, 1834, p. 133.

[3] J'en reparlerai en détail à propos de certains Syllidiens.

Cavité périviscérale et *système circulatoire.* Nous devons à M. de Quatrefages et à M. Williams, surtout au premier, une étude approfondie de la cavité périviscérale et de la lymphe qu'elle contient. Ces savants, plus que personne, ont relevé l'importance physiologique de ce liquide, importance qui ne saurait être estimée trop haut. Quelques détails seulement méritent ici une légère rectification. La cavité périviscérale est tapissée par une membrane délicate, qui n'est bien démontrable que chez les grandes espèces, membrane dont M. de Quatrefages s'attribue la découverte et à laquelle il donne le nom de péritoine. En fouillant bien les œuvres de Delle Chiaje et de Rathke, il y trouverait déjà et la membrane et le nom. La structure de ce péritoine (*tunica sierosa, tunica peritoneale* de Delle Chiaje), est sujette à d'assez grandes variations, comme je le montrerai dans le cours de ce mémoire. Quoi qu'il en soit, la cavité périviscérale est tapissée chez certaines espèces par des cils vibratiles portés par le péritoine. M. Sharpey fut, si je ne me trompe, le premier à les décrire chez les Aphrodites; puis M. Williams les aperçut dans les branchies des Glycères; moi-même je les décrivis dans la totalité de la cavité périviscérale de ces mêmes Glycères. Ils ont été vus en outre chez les Tomoptéridiens. M. de Quatrefages, qui ne cite en passant que l'observation de M. Williams, ajoute que ce mouvement ciliaire lui était connu depuis longtemps chez une foule d'Annélides, et qu'on le retrouvera chez toutes les espèces où l'on prendra la peine de le chercher. Cette opinion n'est pas juste. L'immense majorité des Annélides ne présente pas de mouvement ciliaire dans la cavité périviscérale, sauf à l'entrée des organes segmentaires. Je ne connais, pour ma part, le vêtement ci-

liaire périviscéral que dans les groupes suivants : chez tous les Aphroditiens, chez tous les Glycériens, chez tous les Polycirrides, chez les Tomoptéridiens, et enfin chez une petite Térébelle assez anormale (*Terebella vestita*). Chose frappante, toutes ces Annélides, à l'exception de la petite Térébelle et de l'*Aphrodita aculeata*, sont complétement dépourvues de vaisseaux. Or, de ces deux exceptions, l'une, l'Aphrodite, est un animal à système vasculaire, dans tous les cas rudimentaire, appartenant à une famille d'ailleurs toute anangienne, l'autre, la Térébelle, à une famille en général vasculaire, mais dont une tribu cependant, celle des Polycirrides, est anangienne. Je dois, en présence de ces faits, regarder le mouvement ciliaire périviscéral comme une fonction vicariante de la circulation, chez les Annélides dépourvues de système circulatoire proprement dit.

La circulation des Annélides a été décrite avec le plus grand soin par M. de Quatrefages en rendant pleinement justice aux beaux travaux de MM. Edwards. On regrette qu'il n'ait pas fait la même faveur à Rud. Wagner et à Rathke. La distinction qu'il établit entre les courants artériels et veineux me paraît très-juste dans ses grands traits. La même manière de voir a été entretenue par quelques auteurs, témoin le nom de *nervarteria* donné par Delle Chiaje au vaisseau ventral, c'est-à-dire à l'aorte, dans le sens de M. de Quatrefages.

L'existence de corpuscules du sang dans les vaisseaux de certaines Annélides est aujourd'hui indubitable. M. de Quatrefages, dans son *Histoire des Annelés*, en admet trois exemples : les Glycères, les Phoronis et les Syllidies. Ce dernier seul a de la valeur. En effet, chez les Glycères, les corpuscules rouges appartiennent au liquide de la

cavité périviscérale, et, quant aux Phoronis, elles ne pourront guère conserver leur place parmi les Annélides. Mais, sans parler d'une ancienne observation de Rud. Wagner relative à une Térébelle, observation d'ailleurs confirmée par M. Kölliker, on peut en citer d'autres exemples. Dans ce Mémoire, on trouvera des corpuscules sanguins proprement dits décrits chez les Ophélies, chez les Cirratuliens, chez les Staurocéphales.

Appareil respiratoire. M. de Quatrefages a fait faire à la science un véritable recul au point de vue de la structure des organes de la respiration. C'est la partie la plus faible de son livre, faible dans l'introduction, faible dans les généralités de chaque famille. Les branchies, dans l'opinion de l'honorable académicien, ont une structure propre qui permet de les distinguer toujours : « Ces organes, dit-il, sont caractérisés par un canal unique auquel arrivent et d'où partent les vaisseaux afférents et efférents. Ce canal, dont les parois propres sont quelquefois visibles et quelquefois aussi indistinctes, est entouré par une substance diaphane qui semble résulter de l'épaississement du derme. Dans cette substance sont creusées des lacunes ampulliformes plus ou moins développées et toujours dépourvues de parois propres. Le tout est entouré par un épiderme extrêmement fin et ne présentant plus de structure appréciable. Enfin, des cils vibratiles hérissent cet épiderme....... Au bout d'un temps variable, la branchie se contracte, bien qu'on n'y découvre pas de fibres musculaires. Les ampoules se vident de manière à disparaître quelquefois complétement. Le sang s'écoule par le canal central de la branchie, et, arrivé à la base de l'organe, il passe dans le vaisseau efférent. Dans ce mouvement de re-

« tour, il rencontre nécessairement le sang veineux, et il « ne peut que se mélanger avec une quantité quelconque « de sang n'ayant pas subi l'action de l'air. »

En regard de cette description radicalement fausse, voyons comment s'opère la circulation dans une branchie normale d'Annélide. Il ne peut y avoir dans la règle aucun mélange de sang artériel et de sang veineux ; en effet, l'artère chemine jusqu'à l'extrémité de la branchie, où elle se recourbe pour revenir comme veine. Veine et artère sont exactement parallèles l'une à l'autre. Dans toute la longueur de la branchie, ces deux vaisseaux sont mis en communication par une double série d'anses vasculaires qui passent dans la couche sous-cuticulaire et qui subissent avec la plus grande facilité l'action de l'eau chargée d'oxygène à travers la cuticule très-amincie. Quant à la contractilité des prétendues ampoules, il n'en est point question. Certains genres, comme les Térébelles et les Téléthusiens, par exemple, présentent bien des contractions, rhythmiques de la totalité de la branchie, mais point des vaisseaux mêmes. D'ailleurs, ce fait est exceptionnel. Seule, la famille des Serpuliens offre dans la structure des branchies une ressemblance éloignée avec la description de M. de Quatrefages. En effet, chez ces Annélides, l'artère se continue directement dans la veine à la base des branchies, et de leur point de réunion part un vaisseau unique qui pénètre dans la branchie et envoie un cœcum dans chaque rameau branchial. Mais M. de Quatrefages décrit dans les rameaux secondaires des branchies de Serpuliens tout son appareil d'ampoules, dont il n'existe pas la moindre trace. Le vaisseau aveugle n'y présente aucune ramification, il est simplement cylindrique et contractile, comme MM. Grube et Kölliker l'ont

décrit[1]. Dans ces branchies, le sang présente un mouvement circulatoire alternatif, mais c'est la seule exception[2]. Dans toutes les autres familles, la circulation branchiale a lieu constamment dans le même sens. On retrouve des vaisseaux aveugles à circulation alternative dans les tentacules des Spiodiens, des Amphicténiens et des Phérusiens, dans *une partie* des filets dits branchiaux des Cirratuliens, mais ces organes ne sont point respiratoires (si ce n'est peut-être au point de vue de la lymphe).

Comment M. de Quatrefages a-t-il pu commettre une erreur aussi manifeste et aussi fréquemment répétée? L'explication est facile. Les branchies ne sont généralement point cylindriques, mais un peu comprimées. Or, dans la position où elles se placent le plus naturellement sous le microscope, l'artère recouvre exactement la veine, et l'on peut croire n'avoir à faire qu'à un seul vaisseau. Quant aux prétendues ampoules, ce sont les projections des anses vasculaires. Il suffit de retourner un peu la branchie pour dissiper l'illusion première. M. de Quatrefages s'est laissé tromper par le premier examen comme l'avait fait Pallas au temps jadis.

Mais cette erreur n'est pas permise aujourd'hui. Il y a déjà trente ans que M. Grube en a fait justice. Il y a

[1] M. Edwards, sans tenir compte de ces observations, attribue bien à tort aux Annélides Tubicoles des branchies lymphatiques exclusivement (*Leçons sur l'Anat. et la Physiol.*, t. II, p. 103).

[2] Je pense avoir le droit de parler d'une manière aussi catégorique. Parmi les 26 familles d'Annélides admises par M. de Quatrefages, j'en ai étudié anatomiquement 25 par la dissection de nombreuses espèces ou individus. Quant à la vingt-sixième, celle des Hermelliens (Sabellaria), elle est trop voisine des Amphicténiens et des Térébelliens pour qu'on puisse supposer qu'elle s'en écarte considérablement.

trente ans que, dans son anatomie de la *Pleione caruncula*, il signalait chez les Térébelles et les Arénicoles cette apparence trompeuse qui avait induit en erreur Pallas, et que M. de Quatrefages devait reproduire aujourd'hui. Il montrait qu'une étude moins superficielle faisait reconnaître l'artère, la veine et les anses qui les réunissent. Aucun microscopiste averti de l'écueil n'ira sombrer là. Plusieurs des observateurs modernes ont décrit et représenté la duplicité du vaisseau axial de la branchie. Ainsi M. Grube et M. Schmarda chez les Cirratuliens, M. Schmarda chez les Nephtys, M. Johnston chez les Nerines, ainsi encore M. Keferstein chez les Spiodiens, et moi-même chez les Spiodiens et les Euniciens. Plus anciennement Delle Chiaje[1] décrivait déjà en détail, chez les Eunices et les Diopâtres, l'artère et la veine cheminant en spirale l'une à côté de l'autre[2] dans l'intérieur de la branchie tout en émettant de nombreux rameaux vasculaires[3]. Mais toutes ces observations sont restées lettre morte pour l'auteur de l'*Histoire naturelle des Annelés*.

[1] *Istituzioni di Anatomia comparata*. 2ª edizione, t. II. Napoli, 1836, p. 76.

[2] Cette description est très-exacte, comme nous le verrons plus loin à propos de la *Diopatra neapolitana* Delle Chiaje.

[3] M. Edwards, cet excellent observateur, a reconnu aussi la duplicité du vaisseau branchial, mais, dans ses *Leçons sur la physiologie et l'anatomie des animaux* (tome III, p. 217), il a modestement mis dans l'ombre ses propres observations pour rehausser celles de M. de Quatrefages et proclamer l'existence d'un vaisseau aveugle avec diverticules ampulliformes. Les observations de M. de Quatrefages sur les branchies des Glycères et des Polydores, les seules qu'il cite, lui ont semblé décisives. M. de Quatrefages a eu la main malheureuse dans ses exemples : les Polydores à anse branchiale simple ne peuvent produire l'illusion des diverticules ampulliformes, et les Glycères n'ont pas de vaisseaux du tout !

J'ai dit que toutes les Annélides présentent la structure typique des branchies à l'exception des Serpuliens. Je dois pourtant ajouter qu'une famille offre une simplification remarquable de cette organisation. C'est la famille des Spiodiens. Partout, dans cette famille, les branchies ne renferment que les deux vaisseaux principaux, l'artère et la veine : les anses latérales font défaut.

Les branchies lymphatiques seront l'objet d'une étude spéciale chez les Annélides qui les présentent (Sigalionides, Dasybranches, Glycères).

Appareil reproducteur. — L'appareil reproducteur des Annélides est resté jusqu'à ce jour fort mal connu. De nombreux travaux ont, il est vrai, jeté un jour nouveau sur les organes éducateurs, connus depuis M. Williams sous le nom d'*organes segmentaires*. Mais, au point de vue des glandes sexuelles, nos connaissances ont fait peu de progrès depuis trente ou quarante ans. Ce mémoire fera connaître ces organes d'une manière satisfaisante, je l'espère, chez un grand nombre d'espèces. M. Ehlers se borne à dire que les glandes sexuelles peuvent être ramenées à un seul et même type fondamental, savoir à celui d'une masse cellulaire cohérente, engendrée à la surface interne d'une partie de la paroi du corps ou sur les dissépiments. Cette expression est vraie pour bien des cas. M. Krohn a déjà vu les ovules apparaître comme une sorte d'épithélium à la surface des dissépiments chez les Alciopes, et j'ai fait moi-même des observations toutes semblables chez la *Protula Dysteri*. Toutefois ce schème ne saurait être considéré comme général. Les glandes sexuelles se présentent souvent dans des conditions tout autres.

Quant à M. de Quatrefages, ses observations concer-

nent surtout les Néréides et les Eunices. Il a vu les éléments sexuels apparaître chez ces Annélides dans un organe glandulaire étendu sous la chaîne nerveuse abdominale. Cette description est dans tous les cas fort inexacte, comme on s'en convaincra plus loin en lisant l'exposé de la singulière conformation des glandes sexuelles chez divers Lycoridiens, etc.

En somme, la distribution et la conformation des glandes sexuelles chez les Annélides est sujette à de nombreuses variations qu'on trouvera exposées par une foule d'exemples dans le cours de ce mémoire. Toutefois, on peut considérer comme le plus répandue chez les Annélides la forme suivante : les glandes sexuelles sont des grappes plus ou moins complexes ou des lacis de cordons dont les axes sont occupés par des rameaux sanguins souvent contractiles. Les éléments sexuels en voie de croissance forment des manchons tout autour des axes vasculaires, et se développent aux dépens d'une couche de nucléus contiguë au vaisseau. Chez certaines Annélides anangiennes cette forme de glandes sexuelles est conservée, mais l'axe est occupé par un cordon solide au lieu du vaisseau. Chez les femelles, les ovules sont souvent immédiatement contigus les uns aux autres dans l'ovaire; quelquefois cependant (*Owenia* Delle Chiaje, certaines Polynoés), chacun d'eux est enfermé dans un ovisac spécial. Dans tous les cas, les œufs arrivés à maturité se détachent de l'ovaire soit directement, soit médiatement par la rupture de l'ovisac. Les régimes des zoospermes se détachent de même du testicule pour flotter librement dans la cavité périviscérale.

Sans doute cette forme fondamentale subit parfois des modifications importantes, pour constituer par exemple le

singulier tissu sexuel des Néréidiens, ou les testicules flottants des Dasybranches qu'on trouvera décrits dans la partie spéciale de ce mémoire. La formation des œufs des Térébelliens et des Serpuliens s'en éloigne encore davantage, mais partout on trouvera un tissu cellulaire fixe, ou composé d'éléments flottants au sein duquel se développent les éléments sexuels.

Les glandes sexuelles ont d'ailleurs été connues depuis longtemps chez diverses Annélides, mais ces anciennes observations ont été oubliées en partie. Ainsi, tandis que Pallas[1] faisait naître à tort les œufs des Aphrodites dans le liquide de la cavité périviscérale, Gott. R. Tréviranus[2] et Delle Chiaje[3] surent bien reconnaître les véritables ovaires à la base des pieds de ces vers. Delle Chiaje signale également les ovaires des Phérusiens, des Hermiones, des Polyodontes, des Parthenopeia, des Diopatres, des Nephtys, des Telamones, etc. Il savait fort bien que les œufs se forment dans les ovaires, mais qu'une fois arrivés à maturité ils s'en détachent et flottent librement dans la cavité périviscérale[4]. Même l'existence d'un vaisseau sanguin dans l'axe des glandes sexuelles n'a pas été ignorée de certains observateurs. Ainsi Delle Chiaje[5] signale les vaisseaux axiaux des grappes ovariques chez les Siphonostomes et les Stylarioïdes; M. Stannius[6] a fait des observations analogues chez l'*Amphinome rostrata;* M. Grube a vu les ovules naître autour des vaisseaux chez

[1] *Miscellanea zoologica*, p. 91.
[2] *Zeitschrift f. Physiologie*, t. III, Darmstadt, 1829, p. 165.
[3] *Descrizione e notomia*, etc. Vol. V, p. 59
[4] *Istituzioni di Anatomia comparata*, 2ª ediz. t. II, p. 158.
[5] *Descrizione*, vol. III, p. 78.
[6] *Isis*, 1831, p. 989-990.

les Arénicoles [1]; M. Schmarda décrit le vaisseau axial dans les ovaires des Euphrosynes [2]. Toutes ces observations paraissent avoir trouvé peu de crédit. Elles n'en sont pas moins parfaitement justes.

Souvent, il est vrai, des organes ont été taxés à faux de glandes sexuelles. Partout, par exemple, où Rathke a cru voir des testicules [3], chez les Néréides, chez les Pectinaires, etc., il s'est trompé. Tous les auteurs se sont mépris sur les testicules des Arénicoles. Les organes segmentaires des Térébelliens ont eu aussi le sort d'être pris pour des ovaires presque par tout le monde, depuis Cuvier jusqu'à MM. Edwards, Grube, de Quatrefages et même Sars; M. Williams n'est naturellement pas resté en arrière. Cela souriait trop à sa théorie. La méprise paraît avoir été occasionnée dans certains cas par la présence d'ovules dans ces organes qui sont vraisemblablement chargés de la ponte [4].

[1] *Zur Anatomie d. Kiemenwürmer.* Königsberg, 1838, p. 16.

[2] *Neue wirbellose Thiere,* t. II, p. 137.

[3] Rathke a reconnu, du reste, lui-même ces erreurs le jour où il s'aperçut que les Arénicoles, les Ammotrypanes, etc., avaient des sexes séparés. Les organes segmentaires, qu'il avait considérés jusqu'alors comme des testicules, devinrent pour lui des *glandes mucipares.* Voyez *Beiträge zur Fauna Norwegens. Nova Acta Acad. Leop. Naturæ Curiosorum*, t. XX, 1843, p. 201.

[4] C'est surtout à M. de Quatrefages qu'on doit la démonstration récente de la dioïcité de l'immense majorité des Annélides. Il ne faut pas oublier cependant qu'avant lui Delle Chiaje soutenait déjà cette dioïcité à l'encontre de tous ses contemporains, et cela de la manière la plus formelle. Il savait que les organes générateurs présentent la même forme chez les deux sexes. Les mâles seraient, d'après ses observations, moins abondants que les femelles. Voyez *Descrizione e notomia*, t. III, p. 100. Baster et Pallas paraissent d'ailleurs avoir été les premiers à constater d'une manière positive la dioïcité d'une Annélide, l'Aphrodite hérissée.— Voyez *Naturkuundige Uitspanningen*, etc. Tweede Deel, p. 68. Réédition de 1817.— *Miscellanea zoologica.* Hagæ, 1766, p. 90.

Depuis M. Williams les organes segmentaires ont donné lieu à bien des controverses. En dernière instance M. Ehlers les considère comme des appareils destinés à conduire au dehors les éléments sexuels mûrs, et cette opinion est très-certainement exacte. En outre des faits cités à l'appui par ce savant, on en trouvera d'autres dans le cours de ce mémoire. Cependant cette fonction des organes segmentaires n'est pas la seule. Ils existent en effet dans les segments antérieurs de bien des Annélides chez lesquelles les ovules et les zoospermes ne pénètrent jamais dans cette région. Leur paroi est souvent glanduleuse, histiologiquement comparable aux éléments du rein des Gastéropodes (Amphicténiens, Phérusiens). Aussi douté-je à peine que ces organes remplissent un rôle excrémentitiel. On sait d'ailleurs que chez les Oligochètes, un petit nombre seulement de ces organes segmentaires sont modifiés dans le but de conduire au dehors les éléments sexuels, tandis que les autres remplissent incontestablement d'autres fonctions. Chez les Polychètes, ce n'est non plus qu'une partie des organes segmentaires qui se charge du rôle d'appareil efférent de la génération.

Les anciens auteurs qui connaissaient au moins les ouvertures externes des organes segmentaires, ainsi Tréviranus qui les décrit chez les Aphrodites, ainsi Delle Chiaje qui les admet chez toutes les Annélides et qui les mentionne chez plusieurs, les anciens auteurs, dis-je, attribuaient aux organes segmentaires une fonction tout autre. Ils les considéraient comme servant à l'introduction d'eau dans la cavité périviscérale. Cette opinion ne peut plus être soutenue. La direction du mouvement ciliaire dans le calibre du tube s'y oppose, comme aussi ce

fait que l'ouverture interne de l'organe segmentaire paraît faire défaut dans certains cas. C'est du moins ce dont je crois m'être assuré chez quelques Capitelliens.

M. de Quatrefages, qui n'a jamais réussi à voir un organe segmentaire certain, nous attribue l'honneur, à M. Ehlers et à moi, d'avoir le plus contribué à étendre la découverte de M. Williams. Il aurait dû, je pense, citer en première ligne le nom de M. Hering, qui n'est mentionné nulle part dans l'*Histoire naturelle des Annelés*. Quoi qu'il en soit, l'honorable académicien nous fait, en outre, le reproche, à moi surtout, d'avoir beaucoup parlé et peu dessiné. Je ne pensais pas devoir l'encourir, car les organes segmentaires des Annélides, modifications très-simples d'un type assez constant, se laissent facilement décrire sans le secours du crayon et du pinceau. D'ailleurs, sans parler des travaux de M. Ehlers ni des miens, M. de Quatrefages eût pu trouver des organes segmentaires décrits et figurés par M. Keferstein, chez le *Cirratulus filiformis* Kefrst., la *Capitella* (Notomastus) *rubicunda* Kefrst., la *Terebella gelatinosa* Kefrst., la *Syllis oblonga* Kefrst.

J'ai cru cependant devoir satisfaire au désir exprimé par M. de Quatrefages; aussi trouvera-t-on dans les planches qui suivent ce mémoire des figures relatives aux organes segmentaires de diverses Annélides.

Il est, du reste, indubitable qu'il existe des Annélides privées d'organes segmentaires ou au moins chez lesquelles ces organes sont réduits à de simples ouvertures de la paroi du corps.

Système nerveux. C'est sans contredit à M. de Quatrefages et à M. Leydig que nous devons les plus belles recherches sur le système nerveux des Annélides; le pre-

mier s'est occupé surtout de la forme extérieure de ce système, le second de l'histologie. L'*Histoire naturelle des Annelés* laisse de côté tout détail historique sur ce sujet, mais en remontant aux travaux primitifs de l'auteur, on trouvera un résumé concis et bien fait des recherches antérieures[1]. Il est plus regrettable qu'elle n'ait pas tenu compte des travaux des histologistes récents, MM. Leydig, Mettenheimer et autres. En somme on trouvera dans les parties de ce mémoire relatives au système nerveux une confirmation des travaux de M. de Quatrefages. Sur quelques points cependant j'ai dû m'éloigner de lui. Enfin il est un chapitre important sur lequel j'ai à peine le droit de porter un jugement. Dans presque toutes les familles, M. de Quatrefages a été assez heureux pour trouver un système nerveux stomato-gastrique semblable à celui des Hirudinées. J'avoue n'avoir pas su le reconnaître, mais je sens aussi que ce résultat négatif n'a pas une grande importance dans des recherches si difficiles. Je m'étonne pourtant de voir bien d'autres observateurs aussi peu heureux que moi dans des tentatives toutes semblables.

M. Leydig a décrit chez les Hirudinées une structure des centres nerveux qu'il qualifie de *folliculaire*[2], et il

[1] Voir *Etudes sur les types inférieurs de l'embranchement des Annelés. Mémoire sur le système nerveux des Annélides*, par M. de Quatrefages. *Ann. des Sc. nat.*, t. XIV, 1850, p. 332. Sans doute ce résumé renferme quelques lacunes. On regrette surtout de n'y pas voir mentionnées les recherches de G.-R. Tréviranus sur le système nerveux des Aphrodites, car cet observateur a déjà fort bien connu, non-seulement la chaîne ventrale et les nerfs qui en naissent, mais encore les ganglions de renforcement à la base des pieds.

[2] Les observations de M. Baudelot sur les Clepsines (*Ann. des Sc. nat.*, 1865, t. III, p. 126) en sont une complète confirmation.

l'oppose à celle des Annélides, d'après ses propres recherches chez les Oligochètes, et d'après celles de M. de Quatrefages chez les Polychètes. Cette distinction ne peut se faire d'une manière aussi absolue. Certaines Annélides polychètes ont un système nerveux folliculaire aussi bien que les Hirudinées. C'est le cas par exemple pour la *Nèreilepas caudata,* etc., comme je le montrerai plus loin. D'autres n'offrent rien de semblable. La structure du système nerveux varie du reste étonnamment dans la série des Annélides : la distribution des cellules nerveuses est surtout sujette à une foule de modifications que nous exposerons dans les cas particuliers. En somme, dans la chaîne ventrale, les cellules appartiennent plutôt à la face ventrale et aux côtés, comme M. Leydig l'a déjà reconnu. L'existence de larges fibres tubulaires à la surface dorsale de la chaîne nerveuse, si générale chez les Oligochètes, est restreinte chez les Polychètes à un petit nombre de familles (Capitelliens, Ariciens, Spiodiens, Syllidiens, Euniciens) et même, paraît-il, à certains représentants seulement de ces familles.

Les terminaisons nerveuses chez les Annélides n'ont été étudiées jusqu'ici que par moi-même, M. Keferstein, et M. Kölliker. On trouvera dans ce mémoire de nombreuses observations relatives à ce sujet. Toutes ces terminaisons paraissent en relation avec la fonction du toucher. L'épanouissement nerveux des organes de la vue et de l'ouïe[1] est en réalité encore très-mal connu, même chez les Alciopes, malgré les recherches de M. Leydig.

[1] Lorsque M. Victor Carus (*Handbuch der Zoologie*, Leipzig, 1863, p. 430) attribue à la majorité des Annélides des capsules auditives, il se trompe très-positivement. L'existence de ces organes est particulière à un nombre d'espèces fort restreint.

A ce propos, je ne puis m'empêcher de rappeler une opinion de Joh. Müller, tombée dans l'oubli. Nous devons à ce grand physiologiste[1] une excellente figure du système nerveux central et des yeux des Néréides, figure à laquelle ses successeurs n'ont pas ajouté grand'chose de positif. Pour lui, l'organe que nous appelons aujourd'hui le *cristallin* n'est point un milieu dioptrique : il lui dénie la transparence et le considère comme un renflement terminal du nerf optique. Bien que la transparence du cristallin soit incontestable dans beaucoup de cas, l'opinion de Müller sur la valeur fonctionnelle de cet organe ne doit point être rejetée. Les yeux des Néréides et de la plupart des Annélides paraissent dépourvus de tout appareil d'accommodation. En admettant donc que les éléments percepteurs soient logés entre les granules du pigment, il n'y a que les objets placés à une distance déterminée parfaitement fixe, qui puissent projeter leurs images sur la surface de ce pigment chorioïdien. La vue de l'animal serait forcément très-restreinte dans ce cas. Cette difficulté disparaît si l'on cherche dans le cristallin à la fois un corps réfringent et un organe percepteur, à peu près comme on paraît obligé de l'admettre pour les cônes cristallins des Arthropodes. L'image projetée à des profondeurs diverses dans le cristallin, par des objets placés à des distances variables, se forme toujours dans une couche sensible.

Régénération des parties mutilées. Les observations de Bonnet sur la régénération des parties mutilées chez les lombrics, observations confirmées par Lyonnet, Réaumur,

[1] *Mémoire sur la structure des yeux chez les mollusques gastéropodes et quelques Annélides,* par J. Müller. *Ann. des Sc. nat.*, XXII, 1831, p. 23.

Dugès, etc., ont été révoquées en doute timidement par Vandelius[1] et par Bosc[2], et plus récemment d'une manière positive par M. Williams[3], M. Vogt[4] et d'autres. On doit donc savoir gré à ceux qui, comme M. Baird[5], ont remis en lumière certaines observations anciennes, ou les ont corroborées et confirmées par des expériences nouvelles, comme M. de Quatrefages[6].

La reproduction des parties mutilées chez les Annélides est incontestable. Un grand nombre de ces vers, tous peut-être, peuvent reproduire même la région antérieure avec la tête. Parmi les auteurs récents, M. de Quatrefages a demontré de nouveau ce fait pour les Eunices, et Dalyell[7] a suivi pas à pas la reproduction d'une tête et

[1] *Dominici Vandelii philosophi ac medici dissertationes tres. De Aponi Thermis, de nonnullis insectis terrestribus et zoophytis marinis, et de Vermium terræ reproductione, atque Tænia canis.* In-8°. Patavii, MDCCLVIII, p. 98-147. Cet ouvrage, qui paraît avoir été oublié, est pourtant l'œuvre d'un bon observateur. Dans des expériences très-soignées, répétées pendant deux années consécutives, il ne réussit point à voir les lombrics mutilés reproduire leur extrémité antérieure. Il conclut néanmoins avec prudence que ces expériences demandent à être faites avec un soin extrême et n'accuse point Réaumur de s'être trompé. On sait que plus tard Dugès commença par obtenir aussi des résultats négatifs, mais que des expériences postérieures lui réussirent complétement. La régénération de la partie antérieure n'a lieu, en effet, que si le nombre des segments enlevés n'est pas trop considérable.

[2] *Histoire naturelle des vers*, tome I. Paris, an X, p. 128 et 215.

[3] *Report on the British Annelides. — Report of the British Association for* 1851, p. 247.

[4] *Vorlesungen über nützliche und schädliche, verkannte und verlaümdete Thiere*, von Carl Vogt. Leipzig, 1864, p. 91.

[5] *Johnston's Catalogue of british non parasitical Worms.* Appendice.

[6] *Ann. des Sc. natur.* 1844, t. II, p. 100. *Hist. nat. des Annelés*, t. I, p. 126.

[7] *The Powers of the Creator displayed in the Creation*, etc., vol. II, 1853 (ouvrage posthume), p. 231.

de branchies par l'extrémité postérieure d'une Sabelle. Pour ma part, j'ai rencontré plusieurs fois des Annélides marines (Eteone, Nephthys, etc.) qui avaient indubitablement reproduit leur région antérieure. La partie régénérée se distingue par une coloration moins foncée et un diamètre moindre. L'aspect de ces vers rappelle celui des Hétéronéréides, tant les deux régions frappent l'observateur par leur apparence différente. On dirait deux tronçons de vers dissemblables soudés l'un à l'autre. Une question intéressante se présente à ce sujet : dans un ver coupé transversalement, la partie postérieure reproduit-elle toujours un nombre de segments égal à celui de la partie antérieure supprimée en avant d'elle ? C'est vraisemblable. Du moins ai-je rencontré une Eteone qui avait reproduit un tronçon antérieur de près de 50 segments. La tête est sans doute la première à se former, puis les segments nouveaux se produisent successivement au point de réunion de la partie ancienne et de la partie nouvelle. Ce fait demanderait cependant à être appuyé d'observations positives.

Distribution géographique des Annélides. Ce sujet encore peu connu n'a été abordé d'une manière positive que par M. de Quatrefages. Les données dont ce savant pouvait disposer étaient d'ailleurs trop insuffisantes pour permettre des conclusions bien certaines. Il est en tout cas un point sur lequel je dois le contredire, savoir l'extrême localisation des faunes. M. de Quatrefages n'admet point par exemple que la Méditerranée et l'Océan puissent être habités par une même espèce. Il lui arrive quelquefois de baser des distinctions spécifiques uniquement sur cette circonstance d'habitat différent, bien que les auteurs n'aient su établir entre ces prétendues espèces aucune

différence morphologique. Il insiste surtout sur l'impossibilité pour une espèce littorale de supporter des conditions de vie aussi dissemblables que celles qui résultent de la présence ou de l'absence de marées. A Naples pourtant, j'ai conservé des Annélides littorales pendant des mois en captivité, et j'ai trouvé que le meilleur moyen de les faire prospérer est de les priver d'eau pendant quelques heures tous les jours, afin de permettre à la vase de s'oxygéner. Ces conditions nouvelles ne les ont pas empêchées de très-bien vivre et de pondre leurs œufs.

Sans doute, dans sa généralité, la faune de la Méditerranée est bien distincte de celle de l'Océan, mais quelques espèces paraissent positivement communes aux deux mers. M. de Quatrefages est, du reste, à chaque instant infidèle à sa théorie ; on le voit fondre en une seule des espèces même bien distinctes, dont l'une appartient à la Méditerranée, l'autre à l'Atlantique ou même à la mer glaciale [1].

Les travaux de faune seuls jetteront un jour réel sur la distribution géographique des Annélides. Il est donc à souhaiter de voir se multiplier des recherches semblables à celles de M. Malmgren [2] sur les Annélides polychètes

[1] C'est ainsi qu'il réunit la *Polynoë maculata* Grube et la *P. fasciculosa* Gr., de la Méditerranée, à la *P. cirrata* Fabr., du Gröenland ; l'*Onuphis tubicola* Gr., de la Méditerranée, à la *Nereis tubicola* O.-F. Müll. des côtes du Danemark ; la *Lysidice Valentina* Sav., de la Méditerranée, à la *L. rufa* Gosse des côtes de la Grande-Bretagne ; la *Nereis cultrifera* Gr., de la Méditerranée, à la *Nereis bilineata* Johnston, des côtes d'Angleterre, etc., etc.

[2] *Nordiske Hafs-Annulater af A.-J. Malmgren.* Stockholm, 1865 (*Aftryck ur Oefvers. af k. Vet.-Acad. Förhandlingar*, 1865, n° 1, n° 2, n° 5). — *Annulata polychæta Spetsbergiæ, Grœnlandiæ, Islandiæ et Scandinaviæ hactenus cognita*, auctore Dr J. Malmgren, cum XIV tab. Helsingforsiæ, 1867.

du Spitzberg, du Groënland, de l'Islande et de la Scandinavie. C'est sans contredit le meilleur travail en ce genre que nous possédions jusqu'ici. Il a l'avantage d'être, dans la plus grande partie des cas, enrichi de données bathymétriques. L'absence de renseignements de cette nature fait défaut dans la plupart des Mémoires sur les Annélides. C'est, en particulier, une lacune que je regrette de ne pouvoir combler dans cette faune du golfe de Naples. M. Malmgren semble nous faire espérer la prochaine publication d'un travail sur des Annélides draguées sur les côtes du Spitzberg à une profondeur de 1400 brasses (famnar) par M. Carl Chydenius. La connaissance exacte d'Annélides vivant dans de pareilles conditions serait d'un haut intérêt scientifique.

Classification. Il est réjouissant de voir que nous nous approchons tous les jours davantage d'une classification naturelle des Annélides. Les familles aujourd'hui établies sont pour la plupart bien assises. La découverte de types assez nouveaux pour nécessiter la formation de familles nouvelles devient tous les jours plus rare. Pour ma part, je ne proposerai aucun nouveau nom de famille. Je sais qu'il y a à cet égard des divergences entre les savants. Soit M. Kinberg, soit M. Malmgren ont augmenté récemment le nombre des familles d'une manière considérable. Mais cette augmentation n'est qu'apparente. Certaines familles très-naturelles de Savigny ont été divisées par M. Kinberg en plusieurs, mais ce savant a eu soin de conserver les coupes de Savigny comme des divisions d'ordre supérieur, sous le nom d'*ordres*. C'est un léger déplacement des termes de la hiérarchie taxonomique, déplacement dont l'importance n'est au fond pas très-grande. Pour ma part, j'entre dans une certaine mesure

dans la manière de voir de M. Kinberg, mais je considère comme des *tribus* ce qu'il appelle des *familles*, et je conserve à ses *ordres* le nom de famille que leur donnaient Savigny et ses successeurs. Supprimer complétement les *ordres* dans le sens de M. Kinberg, et ne conserver que les familles très-multipliées, comme le fait M. Malmgren, est, à mon avis, chose regrettable.

Certaines familles de création récente me semblent excellentes, ainsi celle des *Sphærodoridæ* Mlmgr. Je vois aussi avec plaisir M. Malmgren revenir à l'opinion d'Oken, de M. de Siebold et de M. Max Müller et placer les *Sternaspidæ* parmi les Annélides. Cet auteur s'étonne qu'en l'année 1865, M. de Quatrefages, en assignant aux Sternaspis une place parmi les Géphyriens, ait encore pu prendre la tête de ces animaux pour la queue, sans tenir aucun compte des beaux travaux anatomiques de M. Krohn et de M. Max Müller. Je partage l'étonnement de M. Malmgren, d'autant plus que ni Bianchi (Janus Plancus), ni Ranzani, ni Delle Chiaje n'étaient tombés dans l'erreur d'Oken et d'Otto, corroborée aujourd'hui de l'autorité de M. de Quatrefages.

Il est moins facile de s'entendre sur les genres que sur les familles, dans la classe des Annélides. Leur nombre a été augmenté dans des proportions très-considérables soit par M. Kinberg, soit par M. Malmgren. Je suis loin d'entrer dans la manière de voir de ces savants, dont les travaux m'ont été cependant d'une grande utilité, comme on le verra presque à chaque page de ce travail. Les espèces étudiées par eux ont été scrutées avec un soin extrême, sinon dans leur constitution anatomique, du moins dans leurs caractères zoologiques extérieurs. J'estime cependant que parmi les caractères considérés

par eux comme génériques, il en est beaucoup qui n'ont qu'une valeur spécifique, ou même qui peuvent tout au plus servir à distinguer des variétés d'une même espèce. C'est le cas, en particulier, pour les dentelures des soies, comme j'en fournirai plus d'un exemple dans ce Mémoire. J'ai conservé néanmoins une grande partie des coupes génériques de M. Kinberg et de M. Malmgren, en ne leur accordant toutefois souvent qu'une valeur de sous-genre. Il va sans dire, d'ailleurs, que parmi les genres établis par ces auteurs, il en est d'excellents que tout le monde acceptera sans réserve.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1866

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Je présenterai, sous la même forme que dans les résumés antérieurs, les résultats principaux des observations météorologiques faites dans les deux stations; les observations ont été faites avec les mêmes instruments et suivant le même système que par le passé.

Température.

Les tableaux suivants renferment les moyennes de la température observée aux heures paires; pour minuit, 14 h. et 16 h., la température a été obtenue par interpolation. A la suite de chaque tableau se trouvent les formules de la variation diurne de la température, calculées d'après ces données.

GENÈVE 1866.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1865.	+ 1°,24	+ 1°,70	+ 1°,33	+ 0°,85	+ 0°,54	+ 0°,20	- 0°,12	- 0°,39	- 0°,67	- 0°,85	- 0°,83	+ 0°,26	+ 0°,27	- 1°,44	+ 2°,30
Janv. 1866	+ 5,95	+ 6,70	+ 5,92	+ 4,73	+ 3,50	+ 2,69	+ 2,12	+ 1,84	+ 1,54	+ 1,31	+ 1,61	+ 3,62	+ 3,46	- 0,14	+ 7,95
Février . .	+ 7,89	+ 8,58	+ 8,10	+ 6,92	+ 6,03	+ 5,42	+ 4,97	+ 4,48	+ 3,93	+ 3,72	+ 4,28	+ 6,12	+ 5,87	+ 2,75	+ 9,79
Mars . . .	+ 7,07	+ 7,56	+ 7,32	+ 6,13	+ 5,03	+ 4,32	+ 3,66	+ 2,88	+ 2,31	+ 2,75	+ 4,15	+ 5,98	+ 4,93	+ 1,59	+ 9,07
Avril . . .	+12,62	+13,63	+13,92	+12,44	+10,47	+ 9,03	+ 7,95	+ 6,77	+ 5,93	+ 6,60	+ 9,01	+11,04	+ 9,95	+ 5,49	+15,27
Mai	+14,58	+15,15	+14,88	+13,20	+11,58	+10,43	+ 9,50	+ 8,25	+ 7,69	+ 8,66	+11,40	+12,66	+11,50	+ 6,84	+16,65
Juin. . . .	+21,53	+22,22	+21,81	+20,76	+18,72	+16,92	+15,35	+14,02	+13,61	+14,89	+17,50	+19,76	+18,09	+12,47	+23,89
Juillet. . .	+21,89	+22,80	+22,39	+21,11	+18,79	+17,06	+15,73	+14,63	+14,24	+15,26	+18,26	+20,36	+18,55	+13,10	+24,05
Août . . .	+19,46	+20,07	+19,70	+18,29	+16,27	+14,90	+14,10	+13,18	+12,43	+13,21	+16,07	+18,51	+16,35	+11,71	+21,58
Septembre	+19,10	+19,68	+19,42	+17,55	+15,83	+14,54	+13,56	+12,50	+11,70	+12,28	+14,67	+17,32	+15,68	+11,07	+21,13
Octobre. .	+13,74	+14,53	+14,09	+12,19	+10,85	+ 9,69	+ 9,24	+ 8,84	+ 8,41	+ 8,63	+ 9,96	+12,42	+11,05	+ 7,61	+15,39
Novembre	+ 7,37	+ 7,87	+ 7,09	+ 5,61	+ 4,83	+ 4,06	+ 3,39	+ 2,92	+ 2,59	+ 2,69	+ 3,23	+ 5,67	+ 4,77	+ 0,96	+ 9,40
Hiver . . .	+ 4,93	+ 5,56	+ 5,02	+ 4,08	+ 3,27	+ 2,68	+ 2,24	+ 1,89	+ 1,52	+ 1,31	+ 1,60	+ 3,24	+ 3,11	+ 0,31	+ 6,58
Printemps	+11,41	+12,11	+12,02	+10,57	+ 9,01	+ 7,92	+ 7,03	+ 5,96	+ 5,30	+ 6,00	+ 8,18	+ 9,88	+ 8,78	+ 4,64	+13,65
Été	+20,95	+21,70	+21,29	+20,04	+17,92	+16,29	+15,06	+13,94	+13,42	+14,45	+17,28	+19,54	+17,66	+12,43	+23,17
Automne .	+13,40	+14,03	+13,54	+11,79	+10,51	+ 9,43	+ 8,74	+ 8,09	+ 7,58	+ 7,88	+ 9,30	+11,81	+10,51	+ 6,56	+15,31
Année . .	+12,71	+13,38	+13,01	+11,66	+10,21	+ 9,11	+ 8,30	+ 7,50	+ 6,98	+ 7,44	+ 9,13	+11,16	+10,05	+ 6,01	+14,72

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1866.

Décembre 1865	$t = +0°,27 + 1°,11 \sin(\mu + 32°,0) + 0°,40 \sin(2\mu + 50°,6) + 0°,12 \sin(3\mu + 63°,4)$
Janvier 1866 . .	$t = +3,46 + 2,47 \sin(\mu + 42,9) + 0,84 \sin(2\mu + 39,7) + 0,22 \sin(3\mu + 65,8)$
Février	$t = +5,87 + 2,17 \sin(\mu + 39,5) + 0,72 \sin(2\mu + 50,6) + 0,09 \sin(3\mu + 63,4)$
Mars	$t = +4,93 + 2,51 \sin(\mu + 47,7) + 0,47 \sin(2\mu + 77,7) + 0,13 \sin(3\mu + 241,4)$
Avril	$t = +9,95 + 3,78 \sin(\mu + 43,7) + 0,35 \sin(2\mu + 70.8) + 0,33 \sin(3\mu + 237,3)$
Mai	$t = +11,50 + 3,52 \sin(\mu + 51,2) + 0,45 \sin(2\mu + 90,0) + 0,31 \sin(3\mu + 269,4)$
Juin	$t = +18,09 + 4,25 \sin(\mu + 48,9) + 0,38 \sin(2\mu + 119,9) + 0,16 \sin(3\mu + 233,8)$
Juillet	$t = +18,55 + 4,22 \sin(\mu + 51,7) + 0,29 \sin(2\mu + 98,6) + 0,26 \sin(3\mu + 233,8)$
Août	$t = +16,35 + 3,71 \sin(\mu + 54,0) + 0,50 \sin(2\mu + 94,6) + 0,39 \sin(3\mu + 219,8)$
Septembre . . .	$t = +15,68 + 3,85 \sin(\mu + 49,2) + 0,67 \sin(2\mu + 77,4) + 0,20 \sin(3\mu + 225,8)$
Octobre.	$t = +11,05 + 2,96 \sin(\mu + 53,1) + 0,68 \sin(2\mu + 50,4) + 0,09 \sin(3\mu + 198,4)$
Novembre . . .	$t = +4,77 + 2,49 \sin(\mu + 48,3) + 0,75 \sin(2\mu + 59,5) + 0,18 \sin(3\mu + 67,6)$
Hiver	$t = +3,11 + 1,90 \sin(\mu + 39,5) + 0,65 \sin(2\mu + 44,9) + 0,15 \sin(3\mu + 68,3)$
Printemps . . .	$t = +8,78 + 3,24 \sin(\mu + 47,5) + 0,43 \sin(2\mu + 82,2) + 0,26 \sin(3\mu + 256,0)$
Été	$t = +17,66 + 4,07 \sin(\mu + 51,4) + 0,40 \sin(2\mu + 104,4) + 0,29 \sin(3\mu + 231,1)$
Automne	$t = +10,51 + 3,09 \sin(\mu + 50,1) + 0,69 \sin(2\mu + 62,8) + 0,06 \sin(3\mu + 194,5)$
Année	$t = +10,05 + 3,07 \sin(\mu + 48,2) + 0,50 \sin(2\mu + 68,9) + 0,11 \sin(3\mu + 234,2)$

SAINT-BERNARD 1866.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1865	− 4,34	− 3,99	− 5,07	− 5,55	− 5,61	− 6,06	− 6,15	− 6,22	− 6,14	− 6,25	− 5,92	− 5,36	− 5,55
Janvier 1866	− 3,90	− 3,48	− 4,50	− 5,81	− 5,96	− 6,11	− 6,25	− 6,52	− 6,56	− 6,75	− 6,44	− 5,79	− 5,67
Février	− 3,91	− 4,28	− 5,04	− 6,51	− 6,97	− 6,91	− 6,84	− 6,83	− 7,00	− 6,98	− 6,54	− 5,04	− 6,07
Mars	− 5,41	− 5,06	− 6,03	− 7,48	− 8,11	− 8,34	− 8,57	− 9,11	− 9,47	− 9,32	− 8,06	− 6,75	− 7,64
Avril	+ 0,64	+ 0,62	− 0,26	− 1,57	− 2,79	− 3,07	− 3,39	− 3,83	− 4,20	− 3,89	− 2,31	− 0,71	− 2,06
Mai	+ 2,39	+ 2,63	+ 1,97	+ 0,44	− 1,69	− 2,00	− 2,25	− 2,88	− 3,44	− 2,86	+ 0,17	+ 1,33	− 0,51
Juin	+ 8,13	+ 8,61	+ 8,88	+ 6,03	+ 4,55	+ 4,17	+ 3,75	+ 2,95	+ 2,48	+ 3,19	+ 5,37	+ 6,71	+ 5,40
Juillet	+ 9,63	+ 9,73	+ 9,10	+ 7,27	+ 5,48	+ 4,99	+ 4,47	+ 3,74	+ 3,44	+ 4,31	+ 6,86	+ 8,21	+ 6,44
Août	+ 6,47	+ 6,88	+ 6,25	+ 5,41	+ 4,56	+ 4,18	+ 3,77	+ 2,96	+ 2,40	+ 2,72	+ 4,49	+ 5,44	+ 4,63
Septembre	+ 5,40	+ 5,65	+ 5,20	+ 4,03	+ 3,35	+ 3,03	+ 2,84	+ 2,36	+ 2,05	+ 2,63	+ 3,94	+ 4,37	+ 3,73
Octobre	+ 2,39	+ 2,46	+ 1,65	+ 0,62	+ 0,01	− 0,17	− 0,36	− 0,65	− 0,94	− 0,89	− 0,11	+ 1,25	+ 0,44
Novembre	− 2,57	− 2,89	− 3,91	− 4,51	− 4,89	− 5,13	− 5,37	− 5,50	− 5,62	− 5,53	− 5,02	− 3,65	− 4,55
Hiver	− 4,06	− 3,91	− 4,86	− 5,94	− 6,15	− 6,34	− 6,40	− 6,51	− 6,55	− 6,65	− 6,29	− 5,41	− 5,75
Printemps	− 0,81	− 0,62	− 1,45	− 2,89	− 4,21	− 4,48	− 4,75	− 5,29	− 5,72	− 5,37	− 3,41	− 2,06	− 3,42
Été	+ 8,08	+ 8,40	+ 8,07	+ 6,24	+ 4,87	+ 4,45	+ 4,00	+ 3,22	+ 2,78	+ 3,41	+ 5,57	+ 6,79	+ 5,49
Automne	+ 1,75	+ 1,75	+ 0,99	+ 0,05	− 0,51	− 0,75	− 0,96	− 1,26	− 1,50	− 1,26	− 0,39	+ 0,66	− 0,12
Année	+ 1,27	+ 1,44	+ 0,71	− 0,61	− 1,48	− 1,76	− 2,01	− 2,44	− 2,73	− 2,45	− 1,10	+ 0,02	− 0,93

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1866.

Décembre 1865	$t = -5{,}55 + 0{,}90 \sin(\mu + 59{,}9) + 0{,}40 \sin(2\mu + 56{,}3) + 0{,}20 \sin(3\mu + 50{,}0)$
Janvier 1866 . .	$t = -5{,}67 + 1{,}25 \sin(\mu + 53{,}1) + 0{,}71 \sin(2\mu + 49{,}0) + 0{,}31 \sin(3\mu + 22{,}8)$
Février	$t = -6{,}07 + 1{,}39 \sin(\mu + 75{,}1) + 0{,}74 \sin(2\mu + 63{,}4) + 0{,}10 \sin(3\mu + 62{,}4)$
Mars	$t = -7{,}64 + 1{,}91 \sin(\mu + 58{,}7) + 0{,}70 \sin(2\mu + 70{,}0) + 0{,}11 \sin(3\mu + 338{,}2)$
Avril	$t = -2{,}06 + 2{,}28 \sin(\mu + 62{,}6) + 0{,}67 \sin(2\mu + 74{,}5) + 0{,}05 \sin(3\mu + 236{,}3)$
Mai	$t = -0{,}51 + 2{,}92 \sin(\mu + 65{,}5) + 0{,}56 \sin(2\mu + 79{,}7) + 0{,}41 \sin(3\mu + 244{,}5)$
Juin	$t = +5{,}40 + 2{,}95 \sin(\mu + 59{,}2) + 0{,}60 \sin(2\mu + 55{,}2) + 0{,}40 \sin(3\mu + 275{,}7)$
Juillet	$t = +6{,}44 + 3{,}08 \sin(\mu + 64{,}6) + 0{,}55 \sin(2\mu + 81{,}1) + 0{,}28 \sin(3\mu + 264{,}8)$
Août	$t = +4{,}63 + 1{,}94 \sin(\mu + 51{,}0) + 0{,}49 \sin(2\mu + 91{,}2) + 0{,}16 \sin(3\mu + 263{,}9)$
Septembre . . .	$t = +3{,}73 + 1{,}62 \sin(\mu + 61{,}4) + 0{,}34 \sin(2\mu + 77{,}4) + 0{,}22 \sin(3\mu + 294{,}2)$
Octobre	$t = +0{,}44 + 1{,}53 \sin(\mu + 59{,}4) + 0{,}61 \sin(2\mu + 68{,}5) + 0{,}06 \sin(3\mu + 55{,}0)$
Novembre . . .	$t = -4{,}55 + 1{,}30 \sin(\mu + 65{,}5) + 0{,}56 \sin(2\mu + 79{,}7) + 0{,}18 \sin(3\mu + 83{,}8)$
Hiver	$t = -5{,}75 + 1{,}15 \sin(\mu + 63{,}1) + 0{,}60 \sin(2\mu + 55{,}3) + 0{,}21 \sin(3\mu + 39{,}5)$
Printemps . . .	$t = -3{,}42 + 2{,}37 \sin(\mu + 62{,}4) + 0{,}66 \sin(2\mu + 76{,}4) + 0{,}19 \sin(3\mu + 258{,}6)$
Été	$t = +5{,}49 + 2{,}65 \sin(\mu + 58{,}8) + 0{,}55 \sin(2\mu + 78{,}0) + 0{,}32 \sin(3\mu + 270{,}4)$
Automne	$t = -0{,}12 + 1{,}48 \sin(\mu + 62{,}1) + 0{,}50 \sin(2\mu + 73{,}9) + 0{,}05 \sin(3\mu + 19{,}5)$
Année	$t = -0{,}93 + 1{,}92 \sin(\mu + 61{,}2) + 0{,}58 \sin(2\mu + 70{,}9) + 0{,}10 \sin(3\mu + 295{,}5)$

Si l'on compare la température moyenne de chaque mois, des saisons et de l'année entière avec les valeurs moyennes, que j'ai déduites pour Genève des 35 années 1826-60 *(Climat de Genève)*, et pour le St-Bernard des 20 années 1841-60 (*Archives*, tome XIII), on trouve les écarts suivants :

	ÉCARTS.		
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement de la température entre les deux stations.
Décembre 1865.	$-0^{\circ},59$	$+2^{\circ},38$	$-2^{\circ},97$
Janvier 1866 . .	+3,80	+3,87	—0,07
Février	+4,55	+2,91	+1,64
Mars	+0,45	—0,26	+0,71
Avril	+1,34	+1,69	—0,35
Mai	—1,38	—0,71	—0,67
Juin.	+1,31	+1,34	—0,03
Juillet.	+0,02	+0,49	—0,47
Août	—1,45	—1,13	—0,32
Septembre. . . .	+1,39	+0,77	+0,62
Octobre.	+1,24	+1,03	+0,21
Novembre. . . .	+0,32	+1,06	—0,74
Hiver	+2,52	+3,06	—0,54
Printemps. . . .	+0,12	+0,22	—0,10
Été	—0,05	+0,22	—0,27
Automne	+0,99	+0,95	+0,04
Année.	+0,89	+1,11	—0,22

L'année 1866 a été ainsi une année exceptionnellement chaude, quant à la température moyenne ; depuis 40 ans, on ne trouve à Genève que 7 années, où la température ait été supérieure, et encore la différence est-elle peu considérable, sauf pour l'année 1834. Cette élévation de la température provient surtout de la douceur exceptionnelle de l'hiver, qui n'a été dépassée qu'en 1828

et 1834, et de la chaleur de l'automne ; les mois de mai et d'août sont les seuls qui aient présenté un écart négatif un peu considérable, et dépassant les limites de l'écart probable, tandis que les mois de janvier, février, avril, juin, septembre et octobre présentent un excédant positif dépassant les limites de l'écart probable, le mois de février surtout, dont la température a été plus élevée que dans aucune année depuis 1826. On trouve au St-Bernard des écarts assez analogues à ceux qui ont été observés à Genève, sauf que le mois de décembre 1865 a été également un mois exceptionnellement doux dans la station élevée, tandis qu'il a été un peu plus froid que de coutume dans la plaine. Cette différence entre les deux stations tient à une circonstance qui n'est pas rare dans cette saison et qui produit même une interversion dans le décroissement de la température, dont cette année offre un exemple assez remarquable. Du 20 au 29 décembre 1865, la plaine était couverte d'une couche de brouillard très-dense, pendant que les sommités, et en particulier le St-Bernard, jouissaient d'un ciel parfaitement serein; pendant ces 10 jours, où la température était à Genève notablement plus froide que de coutume, tandis qu'elle était plus chaude que de coutume au St-Bernard, la différence entre la température à Genève et au St-Bernard a été de —0°,17 ; ainsi, sur la moyenne d'une période de 10 jours, il y avait un léger accroissement de température correspondant à une élévation de 2070 mètres, tandis que le décroissement moyen à cette époque de l'année est de 9° environ. Le 23 de ce mois, on trouve même pour la moyenne des 24 heures une température de 4°,18 plus élevée au St-Bernard qu'à Genève. Dans la station élevée, le thermomètre ne s'était pas abaissé

au-dessous de —0°,6 pour le minimum, tandis que dans la plaine le maximum ne s'était élevé qu'à —1°,8.

Dans un Mémoire que j'ai publié au commencement de cette année, sur les anomalies de la température observées à Genève pendant les 40 années 1826-65, j'ai eu l'occasion de montrer qu'une anomalie considérable sur la température d'une période de 5 jours consécutifs pouvait se présenter avec le même signe pendant plusieurs années de suite, de façon à altérer d'une manière notable la moyenne déduite, même d'un nombre assez considérable d'années d'observations (40 pour Genève), sans que l'on fût autorisé à regarder l'inflexion dans la marche de la température causée par ces anomalies comme un fait constant et pour ainsi dire régulier. Rien n'empêche de supposer, et cela est même assez probable, d'après plusieurs exemples que j'ai cités, que la prolongation des observations pendant une nouvelle période de 5, 10 ou 15 ans n'amène une série d'anomalies en sens inverse, qui détruise l'inflexion dans la marche de la température déduite des observations antérieures. On trouve l'effet de ces anomalies se répétant pendant plusieurs années consécutives, à la même époque, même sur la température moyenne de tout un mois, d'une saison, et même de l'année entière, quoique naturellement à un degré moins prononcé que pour un intervalle plus court. C'est ce qui résulte en particulier de l'introduction de la période des cinq années 1861-65, qui modifie d'une manière assez notable, pour quelques mois, les chiffres obtenus précédemment; il suffit, pour mettre ce fait en évidence, de donner le tableau comparatif de la température de chaque mois pour des périodes de cinq années consécutives.

	Températures moyennes de 5 ans en 5 ans (année civile).												Tempér. moy. de 5 ans en 5 ans (Saisons et années météorolog. *)				
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Hiver	Print.	Eté	Aut.	Année
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1826–30	-2,34	+0,51	+6,02	+10,05	+13,58	+16,67	+19,48	+18,20	+14,63	+ 9,81	+3,93	+1,33	-0,13	+9,88	+18,13	+ 9,46	+ 9,38
1831–35	+0,45	+2,92	+5,13	+ 8,72	+14,61	+17,39	+19,52	+18,71	+14,98	+10,25	+4,69	+1,71	+1,82	+9,50	+18,55	+ 9,98	+10,00
1836–40	-0,89	+1,15	+3,86	+ 7,29	+11,89	+17,30	+18,21	+17,82	+13,29	+ 9,35	+5,50	+1,25	+0,54	+7,69	+17,77	+ 9,38	+ 8,88
1841–45	-0,10	+0,18	+4,74	+ 9,06	+12,81	+16,55	+17,18	+16,67	+15,07	+ 9,44	+5,25	+1,48	+0,15	+8,87	+16,80	+ 9,91	+ 8,97
1846–50	-0,91	+2,78	+3,89	+ 7,84	+13,24	+16,80	+18,50	+17,40	+13,70	+ 9,46	+4,07	-0,09	+0,69	+8,33	+17,58	+ 9,08	+ 8,95
1851–55	+0,89	+0,83	+3,18	+ 8,41	+11,71	+15,96	+18,00	+17,56	+13,73	+10,02	+4,11	-0,46	+0,70	+7,76	+17,19	+ 9,30	+ 8,77
1856–60	+0,54	+0,85	+4,53	+ 8,90	+12,35	+16,81	+18,81	+18,24	+14,64	+10,30	+3,60	+0,83	+0,44	+8,59	+17,97	+ 9,52	+ 9,17
1861–65	0,00	+1,35	+4,91	+10,38	+14,59	+16,80	+19,17	+18,48	+14,90	+10,82	+5,54	+0,71	+0,75	+9,95	+18,16	+10,43	+ 9,87
Moy. 1826–65	-0,29	+1,32	+4,53	+ 8,83	+13,10	+16,78	+18,61	+17,89	+14,37	+ 9,93	+4,59	+0,84	+0,62	+8,82	+17,77	+ 9,63	+ 9,25
Moy. 1826–60	-0,34	+1,32	+4,48	+ 8,61	+12,88	+16,78	+18,53	+17,80	+14,29	+ 9,81	+4,45	+0,86	+0,59	+8,66	+17,71	+ 9,52	+ 9,16
Différence	+0,05	0,00	+0,05	+ 0,22	+ 0,22	0,00	+ 0,08	+ 0,09	+ 0,08	+ 0,12	+0,14	-0,02	+0,03	+0,16	+ 0,06	+ 0,11	+ 0,09

* Le mois de décembre qui figure dans l'hiver et dans l'année météorologique est toujours celui de l'année civile précédente.

Ainsi l'adjonction de cette nouvelle période de cinq années a suffi pour élever de 0°,22 la température moyenne des mois d'avril et de mai, déduite des 35 années antérieures; l'élévation est de 0°,12 et 0°,14 dans les mois d'octobre et de novembre, et moindre encore pour les autres, mais comme toutes les différences sont positives, la température moyenne de toute l'année est élevée de 0°,09. Dans les résumés des années suivantes, c'est à ces nouvelles valeurs, déduites de la série entière des quarante années 1826-1865, que la température de chaque mois et de chaque saison sera comparée; pour l'année 1866 la comparaison a encore été faite avec les anciennes valeurs basées seulement sur la série de 1826-60.

Ce n'est effectivement que vers la fin de cette année 1866 que les recherches consignées dans le mémoire indiqué ont été faites, et que la formule représentant la marche annuelle de la température d'après ces nouvelles données a été calculée; j'ai dû par conséquent faire usage des valeurs données dans le *Climat de Genève* pour obtenir l'écart entre la température moyenne de chaque jour et la valeur normale, tel qu'il est consigné dans les tableaux mensuels.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température sont données dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résumés antérieurs.

GENÈVE 1866.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS: très-froids	froids		tempérés		chauds		très-chauds	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1865 .	—	15	13	3	—	—	—	—	- 4°,66 le 28	+ 5°,42 le 3
Janv. 1866 .	—	2	20	9	—	—	—	—	- 0,99 le 28	+ 6,67 le 29
Février. . .	—	—	10	16	2	—	—	—	+ 2,02 le 26	+12,57 le 2
Mars	—	—	18	12	1	—	—	—	+ 0,05 le 15	+11,54 le 31
Avril. . . .	—	—	2	13	13	2	—	—	+ 3,59 le 2	+16,61 le 28
Mai	—	—	—	12	17	2	—	—	+ 7,09 le 13	+16,83 le 9
Juin	—	—	—	—	6	15	9	—	+13,40 le 4	+22,88 le 12
Juillet . . .	—	—	—	—	3	20	8	—	+13,40 le 31	+23,91 le 15
Août	—	—	—	—	7	22	2	—	+11,31 le 12	+20,33 le 4
Septembre.	—	—	—	—	13	14	3	—	+11,07 le 18	+21,06 le 7
Octobre . .	—	—	—	14	11	6	—	—	+ 5,71 le 31	+17,01 le 3
Novembre .	—	4	12	12	2	—	—	—	- 2,39 le 21	+12,13 le 13
Année . . .	—	21	75	91	75	81	22	—	- 4,66 le 28 déc. 1865	+23,91 le 15 juillet

GENÈVE 1866.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				°	°	°	°	°	°
Décembre 1865	16	15	6	± 2,42	– 4,53 le 28	+ 3,41 le 6	± 1,46	– 2,99 le 18	+ 4,30 le 29
Janvier 1866 . .	2	29	4	4,34	– 0,98 le 28	+ 6,61 le 16	2,52	– 3,76 le 11	+ 7,61 le 28
Février	1	27	2	5,50	– 0,34 le 26	+12,30 le 2	2,75	– 6,19 le 2	+ 6,07 le 6
Mars	14	17	12	2,07	– 4,26 le 15	+ 5,16 le 31	2,15	– 3,97 le 31	+ 4,63 le 23
Avril	9	21	6	2,84	– 3,14 le 23	+ 6,29 le 28	2,23	– 4,25 le 1	+ 4,87 le 16
Mai	22	9	6	3,15	– 5,41 le 13	+ 4,90 le 9	2,19	– 4,98 le 11	+ 3,45 le 25
Juin *.	8	21	4	2,81	– 3,36 le 17	+ 6,46 le 12	2,24	– 6,51 le 12	+ 3,59 le 18
Juillet	19	12	5	2,70	– 5,22 le 31	+ 5,23 le 15	2,20	– 5,76 le 18	+ 3,94 le 3
Août	23	8	12	2,69	– 6,77 le 12	+ 3,44 le 27	2,02	– 4,45 le 4	+ 3,88 le 6
Septembre . . .	11	19	7	3,20	– 3,09 le 18	+ 7,29 le 23	2,41	– 4,53 le 24	+ 4,25 le 4
Octobre.	10	21	7	1,71	– 1,40 le 30	+ 5,15 le 3	1,00	– 1,93 le 11	+ 2,38 le 18
Novembre . . .	14	16	12	2,95	– 6,08 le 21	+ 7,20 le 13	3,08	– 4,96 le 9	+ 6,83 le 8
Année	149	215	83	± 3,11	– 6,77 le 12 août	+12,30 le 2 février	± 2,21	– 6,51 le 12 juin	+ 7,61 le 28 janvier

* L'écart était nul un jour de ce mois.

SAINT-BERNARD 1866

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-30° et -25	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1865	—	—	—	3	15	11	2	—	—	—	-14°,24 le 13	+1°,54 le 23
Janvier 1866 . .	—	—	—	4	11	16	—	—	—	—	-12,65 le 10	-1,10 le 25
Février	—	—	—	4	12	11	1	—	—	—	-11,93 le 14	+0,32 le 7
Mars	—	—	—	6	23	2	—	—	—	—	-12,90 le 14	-2,28 le 31
Avril	—	—	—	—	6	14	9	1	—	—	-8,45 le 3	+3,36 le 17
Mai	—	—	—	—	3	16	12	—	—	—	-5,40 le 14	+4,15 le 11
Juin	—	—	—	—	—	1	11	18	—	—	-0,06 le 1	+9,52 le 24
Juillet	—	—	—	—	—	—	11	13	7	—	+0,40 le 20	+11,97 le 14
Août	—	—	—	—	—	2	13	16	—	—	-2,68 le 11	+9,96 le 26
Septembre . . .	—	—	—	—	—	3	17	10	—	—	-3,38 le 18	+9,98 le 7
Octobre	—	—	—	—	2	11	18	—	—	—	-5,52 le 29	+4,34 le 21
Novembre . . .	—	—	1	5	8	8	8	—	—	—	-16,35 le 20	+4,46 le 1
Année	—	—	1	22	80	95	102	58	7	—	-16,35 le 20 novembre	+11,97 le 14 juillet

SAINT-BERNARD 1866

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1865	6	25	4	± 4°,53	− 6°,18 le 13	+10°,24 le 23	± 2°,38	− 4°,76 le 12	+ 4°,29 le 15
Janvier 1866 . .	6	25	4	4,96	− 3,28 le 10	+ 8,40 le 25	2,92	− 5,28 le 8	+ 8,59 le 13
Février	6	22	6	4,51	− 2,79 le 14	+ 9,14 le 9	3,55	− 6,58 le 2	+ 6,27 le 15
Mars	16	15	9	2,33	− 5,37 le 14	+ 4,01 le 3	1,93	− 3,65 le 13	+ 3,99 le 11
Avril	10	20	8	3,71	− 3,01 le 4	+ 7,86 le 28	2,88	− 5,76 le 28	+ 8,07 le 15
Mai	21	10	7	3,04	− 5,69 le 16	+ 4,64 le 9	2,09	− 6,78 le 11	+ 5,05 le 25
Juin	8	22	7	2,78	− 4,06 le 17	+ 4,91 le 12	1,90	− 4,19 le 16	+ 2,83 le 15
Juillet	15	16	7	3,36	− 5,75 le 20	+ 5,99 le 14	2,57	− 5,45 le 19	+ 3,13 le 20
Août	17	14	8	3,28	− 8,68 le 11	+ 4,76 le 26	2,70	− 6,78 le 10	+ 6,71 le 15
Septembre . . .	11	19	7	2,91	− 6,34 le 18	+ 5,81 le 7	3,08	− 5,96 le 2	+ 6,65 le 3
Octobre	8	23	6	2,72	− 3,04 le 26	+ 6,02 le 21	2,01	− 3,18 le 22	+ 5,55 le 29
Novembre . . .	14	16	7	4,93	−10,52 le 20	+ 7,77 le 1	3,91	− 9,03 le 19	+ 6,00 le 22
Année	138	227	80	± 3,63	−10,52 le 20 novembre	+10,24 le 23 décem. 1865	± 2,68	− 9,03 le 19 novembre	+ 8,59 le 13 janvier

Enfin, la marche de la température dans le courant de l'année ressort plus clairement encore de la température moyenne, calculée de cinq jours en cinq jours, du 1er janvier au 31 décembre 1866, donnée dans le tableau suivant; la seconde colonne renferme l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des quarante années 1826-65; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses.

1866. Température de 5 en 5 jours.

Date	Température	Différence avec la formule	Date	Température	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 2,10	(+2,52)	30– 4 Juillet	+18,09	−0,14
6–10 id.	+ 3,40	(+3,92)	5– 9 id.	+16,73	(−1,75)
11–15 id.	+ 3,75	(+4,27)	10–14 id.	+20,97	(+2,30)
16–20 id.	+ 5,08	(+5,52)	15–19 id.	+22,26	(+3,48)
21–25 id.	+ 3,50	(+3,78)	20–24 id.	+17,27	−1,54
26–30 id.	+ 2,57	(+2,61)	25–29 id.	+17,48	−1,29
31– 4 Février	+ 7,59	(+7,32)	30– 3 Août	+15,33	(−3,32)
5– 9 id.	+ 6,38	(+5,75)	4– 8 id.	+17,68	−0,77
10–14 id.	+ 6,37	(+5,31)	9–13 id.	+14,10	(−4,08)
15–19 id.	+ 5,90	(+4,37)	14–18 id.	+16,22	(−1,63)
20–24 id.	+ 4,86	(+2,81)	19–23 id.	+17,18	−0,27
25– 1 Mars	+ 3,46	+0,86	24–28 id.	+18,31	+1,32
2– 6 id.	+ 4,13	+0,95	29– 2 Septemb.	+15,18	−1,30
7–11 id.	+ 3,05	−0,73	3– 7 id.	+17,31	+1,39
12–16 id.	+ 2,36	(−2,04)	8–12 id.	+14,15	−1,15
17–21 id.	+ 5,63	+0,59	13–17 id.	+16,03	+1,42
22–26 id.	+ 5,99	+0,30	18–22 id.	+13,94	−0,01
27–31 id.	+ 8,73	(+2,37)	23–27 id.	+16,90	(+3,69)
1– 5 Avril	+ 5,75	−1,28	28– 2 Octobre	+15,67	(+3,22)
6–10 id.	+ 8,80	+1,09	3– 7 id.	+15,49	(+3,84)
11–15 id.	+10,41	(+2,00)	8–12 id.	+12,40	(+1,57)
16–20 id.	+12,02	(+2,92)	13–17 id.	+ 9,89	−0,09
21–25 id.	+ 8,49	−1,32	18–22 id.	+ 9,97	+0,84
26–30 id.	+14,23	(+3,71)	23–27 id.	+ 9,07	+0,80
1– 5 Mai	+11,53	+0,29	28– 1 Novemb.	+ 6,20	−1,20
6–10 id.	+14,00	(+2,05)	2– 6 id.	+ 6,84	+0,30
11–15 id.	+ 9,40	(−3,26)	7–11 id.	+ 5,95	+0,26
16–20 id.	+ 9,92	(−3,45)	12–16 id.	+ 8,53	(+3,67)
21–25 id.	+10,33	(−3,72)	17–21 id.	+ 1,86	(−2,20)
26–30 id.	+13,12	−1,60	22–26 id.	+ 3,13	−0,18
31– 4 Juin	+15,91	+0,55	27– 1 Décemb.	+ 0,86	−1,73
5– 9 id.	+16,51	+0,55	2– 6 id.	+ 3,09	+1,15
10–14 id.	+19,18	(+2,65)	7–11 id.	+ 5,37	+0,02
15–19 id.	+15,47	−1,57	12–16 id.	+ 6,31	(+5,48)
20–24 id.	+20,20	(+2,70)	17–21 id.	+ 1,24	+0,85
25–29 id.	+20,44	(+2,54)	22–26 id.	− 2,26	−2,29
			27–31 id.	+ 5,10	(+5,34)

On trouve ainsi, sur les 73 périodes de l'année, 46 où l'écart était positif et 27 où il était négatif; dans le cours des quarante années antérieures, il ne s'en rencontre que neuf où le chiffre des écarts positifs était supérieur, ou celui des écarts négatifs moindre. Sur les 46 écarts positifs, 28 dépassent les limites de l'écart probable; on ne trouve que les quatre années 1834, 1859, 1862, 1865 où le chiffre des anomalies positives ait été supérieur. Les onze premières périodes de l'année, soit du 1er janvier au 24 février, présentent toutes le caractère d'une anomalie positive; c'est une des plus longues séries d'un temps exceptionnellement chaud qui se rencontre dans notre pays; du 23 septembre au 12 octobre, on trouve une autre série d'anomalies positives, mais bien moins longue. Sur les vingt-sept écarts négatifs, neuf seulement dépassent les limites de l'écart probable, on ne trouve un chiffre aussi faible d'anomalies négatives que dans les années 1828, 1834, 1846, 1862 et 1863; c'est dans la période froide qui a duré du 11 au 30 mai, et dans celle du 20 juillet au 23 août, que l'on trouve réunies presque toutes ces anomalies négatives.

Si l'on relève enfin les températures extrêmes enregistrées à Genève, à l'aide des thermométrographes, on trouve les valeurs suivantes pour le minimum absolu et pour le maximum absolu, observés dans chaque mois, ainsi que le nombre de jours où le minimum s'est abaissé au-dessous de 0, et de ceux où le maximum ne s'est pas élevé au-dessus de 0.

GENÈVE 1866.

	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date	Minimum au-dessous de 0°.	Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Décemb. 1865	— 6,4	le 20	+ 7,4	le 5	21	10
Janvier 1866	— 3,8	le 27	+11,9	le 20	17	0
Février. . . .	— 3,4	le 26	+16,4	le 7	5	0
Mars.	— 4,7	le 15	+16,8	le 31	5	0
Avril.	— 0,5	le 3	+23,2	le 28	2	0
Mai.	+ 1,5	le 24	+23,2	le 9	0	0
Juin	+ 5,5	le 18	+29,1	le 11	0	0
Juillet	+ 7,5	le 8	+30,1	le 15	0	0
Août	+ 6,6	le 12	+27,3	le 27	0	0
Septembre . .	+ 4,8	le 4	+27,1	le 7	0	0
Octobre . . .	0,0	le 31	+23,3	le 2	0	0
Novembre . .	— 5,7	le 22	+15,7	le 4	10	0
Année	— 6,4	le 20 déc. 1865.	+30,1	le 15 juillet.	60	10

La plus basse température enregistrée dans tout le courant de l'année n'est que —6°,4, le 20 décembre 1865: c'est le chiffre le plus faible qui ait été noté pour le plus grand froid de l'hiver depuis quarante ans; l'année qui s'en rapproche le plus est 1828 avec —7°,8; par contre le maximum le plus élevé n'est que +30°,1, le 15 juillet, en sorte que l'amplitude totale de l'excursion thermométrique dans le courant de l'année n'est que de 36°,5, chiffre inférieur à ceux qui ont été observés depuis 40 ans. Le nombre de jours où le minimum s'est abaissé au-dessous de 0 est notablement plus faible que de coutume, 60 au lieu de 95, de même celui des jours où le maximum ne s'est pas élevé au-dessus de 0, est 10 au lieu de 21, ces dix jours se trouvant tous au mois de décembre 1865. Le dernier jour du printemps où le minimum se soit abaissé au-dessous de 0 est le 5 avril, mais depuis il y a eu encore plusieurs gelées blanches, le 7 de ce mois, et même aussi tard dans la saison que le 18, le 19,

le 20 et le 24 mai, pour tous ces jours le minimum a accusé de 1 $^1/_2$ à 4 degrés au-dessus de 0. C'est le 1[er] novembre que le minimum s'est abaissé pour la première fois, en automne, au-dessous de 0; la veille, le 31 octobre, il était descendu à 0, et il y avait eu une forte gelée blanche, la première de la saison.

A défaut de thermométrographes, on ne peut indiquer pour les températures extrêmes notées au St-Bernard, que celles qui résultent des lectures faites à l'une des heures d'observation, entre 6 heures du matin et 10 heures du soir. On trouve ainsi, pour la température la plus basse, et pour la température la plus élevée, observées dans chaque mois :

SAINT-BERNARD 1866.

	Minimum.	Date.		Maximum.	Date.	
Déc. 1865	—15°,7	le 13 à	8 et 10 h. soir.	+ 4°,0	le 23 à	2 h. soir.
Janv. 1866	—15,4	le 13 à	6 h. mat.	+ 2,0	le 26 à	4 h. soir.
Février . .	—14,0	le 14 à	6 h. mat.	+ 4,2	le 9 à	midi.
Mars . . .	—18,0	le 15 à	6 h. mat.	+ 1,7	le 31 à	midi.
Avril . . .	—12,2	le 3 à	6 h. mat.	+12,2	le 28 à	midi.
Mai. . . .	— 9,6	le 16 à	6 h. mat.	+11,5	le 7 à	2 h. soir.
Juin . . .	— 6,4	le 18 à	6 h. mat.	+15,7	le 24 à	2 h. soir
Juillet . .	— 1,7	le 8 à	6 h. mat.	+16,8	le 16 à	midi.
Août . . .	— 3,6	le 11 à	10 h. soir.	+12,7	le 26 à	2 h. soir.
Septembre	— 4,7	le 18 à	10 h. soir.	+15,2	le 14 à	2 h. soir.
Octobre. .	— 7,2	le 26 à	6 h. mat.	+ 7,7	le 21 à	2 h. soir.
Novembre	—17,0	le 20 à	6 h., 8 h., et 10 h. soir.	+ 8,3	le 1 à	midi.
Année . .	—18,0	le 15 mars à	6 h. mat.	+16,8	le 16 juillet	à midi.

L'amplitude totale de l'excursion thermométrique dans le courant de l'année est ainsi de 34°,2. On trouve dans tous les mois des lectures du thermomètre au-dessous de 0, de même que dans tous les mois, même en hiver, on

trouve des lectures au-dessus de 0. C'est le 24 juillet que la glace de l'hiver a entièrement disparu du petit lac près de l'hospice, soit à peu près à l'époque moyenne; la congélation a eu lieu le 7 novembre, un peu plus tard que de coutume.

J'ai réuni enfin dans les tableaux suivants les données relatives à la température du Rhône; la température moyenne de chaque mois, l'excédant sur la moyenne des huit années 1853-60, les extrêmes observés dans le courant du mois et la différence entre la température de l'eau et celle de l'air. Le second tableau renferme, sous la même forme que dans les résumés précédents, les données qui permettent d'apprécier la variabilité dans la température du Rhône.

TEMPÉRATURE DU RHONE 1866.

	Moyenne.	Excédant.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
Déc. 1865	+7°,50	+1°,07	+5°,7 le 29, 30.	+9°,6 le 1	+7°,23
Janv. 1866	5,94	+1,01	5,6 le 24	6,1 le 3, 9, 12, 16, 17, 20.	+2,48
Février. .	6,36	+1,76	6,0 le 1, 15	6,8 le 2	+0,49
Mars . . .	6,61	+0,65	5,8 le 15	8,7 le 31	+1,68
Avril . . .	8,62	+0,10	7,0 le 3, 4	10,4 le 27, 28, 30	−1,33
Mai. . . .	11,00	+0,51	8,0 le 5	13,9 le 31	−0,50
Juin . . .	16,33	+1,82	10,7 le 19	20,9 le 29	−1,76
Juillet . .	16,15	−1,49	7,9 le 5	21,8 le 18	−2,40
Août. . .	14,63	−3,92	11,7 le 31	18,9 le 27	−1,72
Septemb..	15,71	−1,15	13,8 le 1	16,9 le 29	+0,03
Octobre. .	16,50	+2,48	13,5 le 29	17,9 le 9	+5,45
Novembre.	10,52	+0,85	6,9 le 29	14,0 le 1	+5,75
Année. . .	11,39	+0,34	5,6 le 24 janvier.	21,8 le 18 juillet.	+1,34

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
	°	°	°	°	°	°
Décembre 1865	±0,87	—0,4 le 16	+1,6 le 1, 9, 11	±0,39	—1,6 le 15	+0,6 le 16, 17
Janvier 1866 .	1,33	+0,8 le 2*	+1,6 le 20	0,16	—0,3 le 9	+0,4 le 8
Février	1,69	+0,9 le 27*	+2,4 le 2	0,30	—0,6 le 26	+0,8 le 1
Mars	0,69	—0,2 le 15	+1,7 le 31	0,26	—0,5 le 12, 31	+0,5 le 15, 30
Avril	0.75	—0,4 le 14	+1,4 le 27	0,34	—0,8 le 2	+0,5 le 14, 15, 16, 23
Mai	0,94	—1,8 le 14	+1,7 le 11	0,84	—2,3 le 11	+1,9 le 30
Juin.	3,31	—4,1 le 19	+5,2 le 26	2,04	—5,5 le 30	+2,8 le 20
Juillet.	4,43	—8,7 le 5	+4,0 le 18	2,11	—5,5 le 1	+4,9 le 24
Août.	4,14	—6,5 le 14, 31	+0,5 le 27	1,10	—3,7 le 29	+2,1 le 31
Septembre . .	1,81	—4,4 le 1	+1,2 le 29	0,54	—0,9 le 3, 14	+1,1 le 1, 2
Octobre	2,07	+1,4 le 29*	+3,4 le 12	0,26	—0,6 le 28	+0,8 le 29
Novembre. . .	1,64	—1,4 le 17	+2,7 le 6	0,55	—2,0 le 13	+0,6 le 29

* La température du Rhône a été pendant tout le mois au-dessus de sa valeur normale.

Pression atmosphérique.

Je donne, suivant la forme habituelle, pour les deux stations, la hauteur moyenne du baromètre dans chaque mois, ainsi que la différence entre la hauteur pour chacune des heures d'observation et la moyenne; pour minuit, 14 h. et 16 h. la hauteur a été obtenue par interpolation. A la suite de ces tableaux se trouvent les formules représentant la variation diurne du baromètre, calculées d'après ces données.

GENÈVE 1866

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1865	733,59	+0,03	-0,48	-0,31	0,00	+0,14	+0,17	+0,04	-0,10	-0,26	-0,08	+0,20	+0,61
Janvier 1866 .	730,58	+0,02	-0,67	-0,47	-0,13	+0,17	+0,33	+0,21	-0,08	-0,40	0,00	+0,27	+0,60
Février	725,29	+0,37	-0,23	-0,36	-0,24	-0,05	-0,04	-0,10	-0,18	-0,20	+0,03	+0,42	+0,59
Mars	719,76	+0,22	-0,32	-0,68	-0,50	+0,02	+0,27	+0,22	-0,12	-0,23	+0,06	+0,48	+0,55
Avril	725,64	+0,13	-0,35	-0,72	-0,63	-0,12	+0,08	+0,07	-0,01	+0,07	+0,33	+0,54	+0,60
Mai	725,52	-0,01	-0,34	-0,66	-0,51	-0,04	+0,36	+0,27	-0,05	-0,06	+0,25	+0,40	+0,37
Juin	727,14	+0,01	-0,44	-0,66	-0,74	-0,37	+0,14	+0,43	+0,28	+0,13	+0,27	+0,55	+0,38
Juillet	727,15	+0,09	-0,35	-0,57	-0,58	-0,28	+0,15	+0,24	+0,09	+0,05	+0,30	+0,48	+0,36
Août	726,33	+0,02	-0,24	-0,44	-0,47	+0,04	+0,22	+0,28	+0,04	-0,07	+0,08	+0,30	+0,25
Septembre . .	726,11	+0,02	-0,43	-0,64	-0,45	0,00	+0,15	+0,14	0,00	-0,02	+0,20	+0,48	+0,54
Octobre	728,82	+0,09	-0,43	-0,56	-0,22	+0,12	+0,38	+0,16	-0,24	-0,34	+0,07	+0,48	+0,50
Novembre . . .	728,60	-0,02	-0,53	-0,58	-0,19	+0,03	+0,20	+0,14	-0,01	-0,11	+0,10	+0,43	+0,54
Hiver	729,97	+0,13	-0,47	-0,38	-0,12	+0,09	+0,16	+0,06	-0,11	-0,29	-0,02	+0,29	+0,60
Printemps. . .	723,62	+0,11	-0,34	-0,69	-0,55	-0,05	+0,24	+0,19	-0,06	-0,08	+0,21	+0,47	+0,51
Été	726,87	+0,04	-0,34	-0,56	-0,60	-0,20	+0,17	+0,32	+0,14	+0,04	+0,22	+0,44	+0,33
Automne . . .	727,85	+0,03	-0,46	-0,59	-0,28	+0,05	+0,25	+0,15	-0,08	-0,15	+0,13	+0,46	+0,53
Année	727,06	+0,08	-0,40	-0,55	-0,39	-0,03	+0,20	+0,18	-0,03	-0,12	+0,13	+0,42	+0,49

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1866.

	mm	mm	o	mm	o	mm	o
Décembre 1865. B =	733,59	+0,07 sin	(μ +171,9)	+0,33 sin	(2 μ +170,5)	+0,14 sin	(3 μ +180,0)
Janvier 1866 . . B =	730,58	+0,11 sin	(μ +232,1)	+0,42 sin	(2 μ +166,3)	+0,12 sin	(3 μ +189,5)
Février . . . . . B =	725,29	+0,27 sin	(μ +135,6)	+0,30 sin	(2 μ +158,2)	+0,07 sin	(3 μ +159,0)
Mars. . . . . . B =	719,76	+0,26 sin	(μ +177,8)	+0,44 sin	(2 μ +150,6)	+0,02 sin	(3 μ +323,1)
Avril . . . . . . B =	725,64	+0,44 sin	(μ +176,7)	+0,33 sin	(2 μ +156,9)	+0,04 sin	(3 μ + 74,1)
Mai . . . . B =	725,52	+0,32 sin	(μ +198,4)	+0,35 sin	(2 μ +154,9)	+0,08 sin	(3 μ +346,0)
Juin . . . . . . B =	727,14	+0,52 sin	(μ +194,6)	+0,29 sin	(2 μ +133,6)	+0,09 sin	(3 μ +276,3)
Juillet . . . . . B =	727,15	+0,40 sin	(μ +185,7)	+0,26 sin	(2 μ +144,1)	+0,06 sin	(3 μ +308,7)
Août . . . . . . B =	726,33	+0,23 sin	(μ +202,8)	+0,27 sin	(2 μ +144,7)	+0,04 sin	(3 μ +315,0)
Septembre. . . B =	726,11	+0,34 sin	(μ +186,7)	+0,34 sin	(2 μ +162,2)	+0,03 sin	(3 μ +180,0)
Octobre. . . . . B =	728,82	+0,16 sin	(μ +183,6)	+0,46 sin	(2 μ +166,1)	+0,04 sin	(3 μ +270,0)
Novembre . . . B =	728,60	+0,25 sin	(μ +192,8)	+0,36 sin	(2 μ +169,2)	+0,09 sin	(3 μ +187,6)
Hiver . . . . . . B =	729,97	+0,13 sin	(μ +165,3)	+0,36 sin	(2 μ +164,8)	+0,12 sin	(3 μ +183,4)
Printemps . . . B =	723,62	+0,34 sin	(μ +183,6)	+0,38 sin	(2 μ +154,0)	+0,04 sin	(3 μ + 3,3)
Été . . . . B =	726,87	+0,38 sin	(μ +193,7)	+0,27 sin	(2 μ +141,0)	+0,06 sin	(3 μ +299,5)
Automne . . . . B =	727,85	+0,25 sin	(μ +188,6)	+0,38 sin	(2 μ +165,8)	+0,04 sin	(3 μ +199,7)
Année . . . . . B =	727,06	+0,27 sin	(μ +185,6)	+0,34 sin	(2 μ +157,2)	+0,03 sin	(3 μ +220,6)

SAINT-BERNARD 1866

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1865.	567,04	+0,04	-0,22	-0,04	+0,06	+0,19	+0,30	+0,16	-0,10	-0,33	-0,20	-0,11	+0,29
Janvier 1866 . .	565,18	+0,06	-0,23	-0,09	+0,06	+0,25	+0,25	+0,12	-0,07	-0,27	-0,20	-0,09	+0,25
Février	561,12	+0,22	-0,04	-0,13	+0,01	+0,14	+0,21	+0,14	-0,01	-0,20	-0,23	-0,19	+0,12
Mars	555,99	+0,36	+0,12	-0,04	+0,06	+0,34	+0,35	0,00	-0,31	-0,43	-0,40	-0,22	+0,16
Avril	563,43	+0,19	+0,09	-0,03	-0,01	+0,19	+0,28	+0,20	-0,08	-0,36	-0,34	-0,22	+0,13
Mai.	563,29	+0,11	+0,13	+0,07	+0,11	+0,27	+0,40	+0,29	-0,18	-0,55	-0,45	-0,19	-0,01
Juin	568,36	+0,07	+0,05	-0,03	0,00	+0,23	+0,44	+0,40	-0,05	-0,42	-0,39	-0,21	-0,07
Juillet	568,15	+0,07	+0,01	0,00	+0,06	+0,27	+0,35	+0,20	-0,16	-0,39	-0,31	-0,10	+0,01
Août	566,76	+0,01	+0,03	+0,09	+0,15	+0,33	+0,38	+0,25	-0,18	-0,53	-0,44	-0,13	+0,02
Septembre . . .	567,10	+0,11	-0,01	+0,02	+0,14	+0,32	+0,35	+0,11	-0,26	-0,48	-0,34	-0,02	+0,09
Octobre.	566,86	+0,01	-0,13	-0,07	+0,10	+0,23	+0,31	+0,16	-0,18	-0,41	-0,23	+0,04	+0,19
Novembre . . .	563,27	-0,06	-0,32	-0,17	+0,01	+0,11	+0,17	+0,05	-0,12	-0,18	+0,05	+0,15	+0,31
Hiver.	564,56	+0,10	-0,17	-0,09	+0,04	+0,20	+0,25	+0,14	-0,06	-0,27	-0,21	-0,13	+0,22
Printemps . . .	560,88	+0,22	+0,11	0,00	+0,05	+0,26	+0,34	+0,16	-0,20	-0,45	-0,40	-0,21	+0,09
Été	567,75	+0,05	+0,03	+0,02	+0,07	+0,28	+0,39	+0,28	-0,13	-0,45	-0,38	-0,15	-0,01
Automne	565,76	+0,02	-0,16	-0,07	+0,08	+0,21	+0,27	+0,10	-0,19	-0,36	-0,17	+0,05	+0,19
Année	564,73	+0,10	-0,04	-0,03	+0,07	+0,24	+0,32	+0,18	-0,14	-0,38	-0,29	-0,10	+0,13

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver.	165,41	+0,03	-0,30	-0,29	-0,16	-0,11	-0,09	-0,08	-0,05	-0,02	+0,19	+0,42	+0,38
Printemps . . .	162,74	-0,11	-0,45	-0,69	-0,60	-0,31	-0,10	+0,03	+0,14	+0,37	+0,61	+0,68	+0,42
Été	159,12	-0,01	-0,37	-0,58	-0,67	-0,48	-0,22	+0,04	+0,27	+0,49	+0,60	+0,59	+0,34
Automne	162,09	+0,01	-0,30	-0,52	-0,36	-0,16	-0,02	+0,05	+0,11	+0,21	+0,30	+0,41	+0,34
Année	162,33	-0,02	-0,36	-0,52	-0,46	-0,27	-0,12	0,00	+0,11	+0,26	+0,42	+0,52	+0,36

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1866

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1865.	B = 567,04	+0,13 sin (μ +343,7)	+0,23 sin (2 μ +154,0)	+0,06 sin (3 μ +200,0)
Janvier 1866 . .	B = 565.18	+0,14 sin (μ +336,8)	+0,22 sin (2 μ +155,2)	+0,07 sin (3 μ +167,9)
Février	B = 561.12	+0,11 sin (μ +344,1)	+0,18 sin (2 μ +122,8)	+0,05 sin (3 μ +111,8)
Mars	B = 555,99	+0,28 sin (μ + 16,8)	+0,25 sin (2 μ +137,4)	+0,09 sin (3 μ + 71,6)
Avril	B = 563,43	+0,18 sin (μ + 0,0)	+0,23 sin (2 μ +121,0)	+0,01 sin (3 μ +180,0)
Mai	B = 563,29	+0,31 sin (μ +353,8)	+0,25 sin (2 μ +127,6)	+0,07 sin (3 μ +289,2)
Juin	B = 568,36	+0,26 sin (μ +332,4)	+0,26 sin (2 μ +120,6)	+0,07 sin (3 μ +303,7)
Juillet	B = 568,15	+0,22 sin (μ +348,2)	+0,20 sin (2 μ +141,1)	+0,04 sin (3 μ +303,7)
Août	B = 566,76	+0,31 sin (μ +351,2)	+0,22 sin (2 μ +141,5)	+0,07 sin (3 μ +264,3)
Septembre . . .	B = 567,10	+0,25 sin (μ + 3,4)	+0,23 sin (2 μ +154,5)	+0,03 sin (3 μ +270,0)
Octobre	B = 566,86	+0,15 sin (μ +352,4)	+0,24 sin (2 μ +159,3)	+0,06 sin (3 μ +239,0)
Novembre . . .	B = 563,27	+0,04 sin (μ +206,6)	+0,22 sin (2 μ +180,0)	+0,05 sin (3 μ +216,9)
Hiver	B = 564,56	+0,12 sin (μ +340,0)	+0,20 sin (2 μ +145,4)	+0,06 sin (3 μ +161,6)
Printemps . . .	B = 560.88	+0,26 sin (μ + 3,8)	+0,24 sin (2 μ +128,7)	+0,02 sin (3 μ + 36,0)
Été	B = 567,75	+0,26 sin (μ +344,5)	+0,22 sin (2 μ +134,1)	+0,05 sin (3 μ +292,1)
Automne	B = 565,76	+0,12 sin (μ +355,2)	+0,22 sin (2 μ +164,9)	+0,04 sin (3 μ +236,4)
Année	B = 564,73	+0,19 sin (μ +352,1)	+0,21 sin (2 μ +143,0)	+0,02 sin (3 μ +232,0)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites, pour Genève, des vingt-cinq années 1836-60 (voyez *Climat de Genève*), et pour le St-Bernard de vingt années 1841-60 (voyez *Archives*, tome XIII), on trouve les différences suivantes :

	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1865	+5,67	+5,20	+0,47
Janvier 1866. .	+3,37	+4,89	—1,52
Février.	—0,73	+1,52	—2,25
Mars	—6,01	—4,46	—1,55
Avril.	+1,79	+2,67	—0,88
Mai	+0,68	—0,13	+0,81
Juin	+0,07	+1,33	—1,26
Juillet	—0,55	—0,26	—0,29
Août.	—1,29	—1,49	+0,20
Septembre . . .	—1,18	+0,01	—1,19
Octobre	+2,28	+2,40	—0,12
Novembre . . .	+2,93	+1,48	+1,45
Année	+0,60	+1,09	—0,49

Dans les deux stations, mais surtout au St-Bernard, le baromètre a été en moyenne dans l'année plus élevé que de coutume. L'écart, pour Genève, dépasse notablement les limites de l'écart probable dans les mois de décembre, janvier, mars, avril, octobre et novembre; l'écart avec la moyenne est assez différent dans les deux stations, dans les mois de janvier, février, mars, juin, septembre et novembre.

Avec les données suivantes pour l'année 1866, 727^{mm},06 et 564^{mm},73 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, +10°,05 et —0°,93 pour la température moyenne de l'air, 0,78 et 0,82 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques 2065^{m},5 pour la différence d'altitude; le nivellement direct a donné 2070^{m},3.

J'ai réuni dans les tableaux suivants les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart absolu entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la valeur normale, soit que l'on considère la variation entre deux jours consécutifs.

GENEVE 1866

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1865 .	6	25	3	±8,68	– 9,18 le 18	+14,34 le 10	±3,46	– 7,02 le 31	+ 6,64 le 5
Janv. 1866.	6	25	3	7,65	–17,08 le 11	+12,87 le 25	4,65	– 8,56 le 8	+12,21 le 11
Février. . .	17	11	6	5,58	–17,12 le 28	+ 7,90 le 4	3,57	– 7,47 le 25	+ 5,21 le 28
Mars	22	9	5	9,68	–18,58 le 19	+ 8,75 le 26	5,20	–11,90 le 12	+ 9,38 le 22
Avril . . .	9	21	2	5,16	– 9,99 le 30	+11,50 le 15	2,67	– 4,76 le 29	+ 7,18 le 14
Mai	13	18	2	4,52	–11,35 le 1	+ 6,08 le 5	2,57	– 4,95 le 23	+ 6,23 le 4
Juin	14	16	6	2,53	– 3,92 le 17	+ 4,50 le 10	2,19	– 5,41 le 11	+ 3,60 le 3
Juillet . . .	18	13	6	4,08	– 6,14 le 2	+ 7,69 le 9	2,62	– 4,14 le 1	+ 4,95 le 31
Août	23	8	5	2,87	– 5,84 le 10, 29	+ 2,91 le 26	2,97	– 6,36 le 12	+ 8,07 le 10
Septembre.	19	11	9	3,24	–10,30 le 23	+ 4,42 le 19	3,10	– 6,76 le 21	+ 5,90 le 24
Octobre . .	10	21	5	4,87	– 6,92 le 26	+ 9,16 le 7	2,58	– 5,18 le 24	+ 5,00 le 26
Novembre .	10	20	9	3,98	– 3,32 le 19	+ 8,24 le 7	3,80	– 9,89 le 18	+ 7,81 le 17
Année . . .	167	198	61	±5,61	–18,58 le 19 mars	+14,34 le 10 décemb. 1865	±3,35	–11,90 le 12 mars	+12,21 le 11 janvier

SAINT-BERNARD 1866

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1865 .	5	26	1	±7,45	− 4,55 le 4	+11,91 le 25	±2,53	− 5,08 le 10	+ 5,04 le 5
Janv. 1866.	5	26	2	7,65	− 9,35 le 9	+12,96 le 26	3,34	− 8,03 le 8	+ 6,97 le 12
Février. . .	10	18	3	4,56	−10,45 le 28	+ 7,30 le 7	2,61	− 4,77 le 10	+ 5,92 le 15
Mars. . . .	22	9	5	7,01	−13,16 le 14	+ 6,22 le 27	4,06	− 9,56 le 12	+ 7,27 le 25
Avril. . . .	8	22	2	4,70	− 7,92 le 2	+ 8,80 le 16	2,17	− 3,63 le 1	+ 4,35 le 6
Mai	16	15	6	3,41	− 7,42 le 1	+ 5,00 le 6	2,12	− 5,48 le 11	+ 6,14 le 2
Juin	5	25	5	3,11	− 5,61 le 17	+ 6,37 le 10	1,93	− 4,13 le 16	+ 3,91 le 18
Juillet . . .	20	11	2	4,06	− 6,11 le 29	+ 6,16 le 14	1,93	− 3,63 le 18	+ 3,72 le 7
Août. . . .	24	7	5	3,19	− 6,66 le 13	+ 4,33 le 26	2,45	− 6,36 le 27	+ 4,35 le 29
Septembre.	12	18	8	2,08	− 4,29 le 10	+ 3,36 le 30	1,70	− 3,44 le 8	+ 3,26 le 18
Octobre . .	9	22	6	4,71	− 6,66 le 26	+ 8,69 le 20	2,29	− 4,93 le 24	+ 3,66 le 26
Novembre .	12	18	7	4,11	− 5,49 le 19	+ 8,52 le 7	2,99	− 6,60 le 18	+ 4,86 le 17
Année . . .	148	217	52	±4,92	−13,16 le 14 mars	+12,96 le 26 janvier	±2,56	− 9,56 le 12 mars	+ 7,27 le 25 mars

Voici enfin le chiffre du maximum absolu, et du minimum absolu de la hauteur du baromètre, observé dans chaque mois pour les deux stations ; l'amplitude totale de l'excursion barométrique est indiquée également pour chaque mois :

GENÈVE 1866.

	Maximum.	Date	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1865.	742,20	le 10	717,03	le 4	25,17
Janv. 1866.	740,91	le 25	708,18	le 11	32,73
Février . .	736,15	le 4	706,01	le 28	30,14
Mars . . .	734,29	le 27	701,72	le 19	32,57
Avril . . .	736,06	le 15	712,44	le 30	23,62
Mai	731,93	le 5	712,05	le 1	19,88
Juin. . . .	731,60	le 10	720,03	le 17	11,57
Juillet. . .	736,14	le 9	718,69	le 2	17,45
Août . . .	732,52	le 11	720,19	le 10	12,33
Septembre.	732,41	le 20	715,37	le 23	17,04
Octobre. .	736,32	le 7	718,58	le 25 et 26	17,74
Novembre.	735,42	le 7	719,09	le 25	16,33
Année . . .	742,20	le 10 déc. 1865.	701,72	le 19 mars.	40,48

SAINT-BERNARD 1866.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1865.	573,51	le 10	555,75	le 4	17,76
Janv. 1866.	573,61	le 25	547,40	le 10	26,21
Février . .	568,69	le 6	547,07	le 28	21,62
Mars . . .	566,76	le 26	545,85	le 19	20,91
Avril . . .	570,17	le 16	551,23	le 2	18,94
Mai. . . .	568,11	le 6	551,90	le 2	16,21
Juin. . . .	572,96	le 10	560,21	le 17	12,75
Juillet. . .	575,26	le 14	561,28	le 3	14,08
Août . . .	573,09	le 26	560,33	le 29	12,76
Septembre.	570,49	le 7	562,71	le 10	7,78
Octobre. .	574,09	le 7	555,23	le 25	18,86
Novembre.	571,63	le 7	554,60	le 20	17,03
Année. . .	575,26	le 14 juillet.	545,85	le 19 mars.	29,41

Etat hygrométrique de l'air.

Les résultats des observations psychrométriques faites à Genève pendant l'année 1866 sont présentés dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résu-

més précédents, soit pour la tension de la vapeur, soit pour la fraction de saturation.

GENÈVE 1866. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne de 24 h.	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1865.	4.30	4.38	4,30	4,29	4,26	4,26	4,04	4,03	4,22	4,20	2,70	6,64
Janvier 1866 . .	5.15	5.25	5,23	5,13	4,96	4,79	4,50	4.55	4,84	4,91	2,87	6,79
Février	5.49	5.41	5,38	5,23	5,33	5,38	5,22	5,33	5,58	5,35	2,77	8,78
Mars	5.33	5.04	5,06	5,18	5,25	5,14	4,92	5,20	5,33	5,11	2,66	8,39
Avril	7.00	7,00	6,57	6,60	6,71	6,83	6,48	6,88	6,97	6,73	2,88	12,02
Mai	7.30	7.07	7,18	7,18	7,31	7,19	7,17	7,26	7,31	7,19	3,41	11,89
Juin	11.04	10,89	10,78	11,13	11,34	11,22	10,87	11,37	11,69	11,11	5.42	15,70
Juillet	10.80	10,72	10,67	10,92	11,57	11,27	10,75	11,15	11,02	10,94	7,02	16,14
Août	10,59	10.60	10,33	10,50	10,59	10,53	10,08	10,80	10,99	10,43	6,55	16,05
Septembre . . .	9,82	9,93	10,13	10,19	10,17	10,19	9,01	9,93	9,84	9,75	5,55	13,30
Octobre.	8,85	8,65	8,64	8,87	8,60	8,36	8,00	8,49	8,95	8,47	4,22	13,47
Novembre . . .	5,80	5,74	5,72	5,63	5,43	5,35	5,09	5,21	5,66	5,48	2,62	9,81
Hiver.	4,96	5,00	4,96	4,87	4,84	4,79	4,57	4,61	4,86	4,80	2,70	8,78
Printemps . . .	6,54	6,37	6,27	6,32	6,42	6,38	6,19	6,44	6,53	6,34	2,66	12,02
Été	10,81	10,73	10,59	10,85	11,17	11,00	10,57	11,10	11,23	10,82	5,42	16,14
Automne	8,16	8,11	8,17	8,24	8,07	7,97	7,38	7,88	8,16	7,91	2,62	13,47
Année	7,63	7,57	7,51	7,58	7,64	7,55	7,19	7,52	7,71	7,48	2,62	16,14

GENÈVE 1866. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1865 .	848	840	847	873	886	907	913	915	918	920	917	888	889	500	1000, 42 fois
Janvier 1866	742	722	756	798	841	858	872	879	887	891	882	818	829	410	1000, 19 »
Février. . .	695	653	670	693	756	794	825	849	866	867	847	784	775	370	1000, 5 »
Mars	714	658	666	732	798	819	832	852	874	868	834	760	784	390	1000, 8 »
Avril	639	599	557	615	710	787	832	872	903	873	785	698	739	300	990,
Mai	595	556	578	644	725	755	781	832	867	841	712	666	712	290	1000, 13 »
Juin	577	547	553	610	702	774	828	875	895	855	757	676	721	320	990,
Juillet . . .	549	517	532	589	710	773	820	857	876	831	710	616	698	290	1000, 1 »
Août	630	610	611	675	768	836	869	898	921	888	787	687	765	340	990,
Septembre .	604	583	603	683	766	831	856	869	881	853	799	670	750	270	1000, 6 »
Octobre . .	741	693	710	822	865	913	932	951	956	937	910	816	854	540	1000, 4 »
Novembre .	735	700	732	802	816	855	873	888	891	889	875	807	822	410	1000, 18 »
Hiver. . . .	764	741	761	791	830	855	872	882	891	894	883	832	831	370	1000, 66 fois
Printemps .	650	605	601	664	745	787	815	852	881	861	777	708	745	290	1000, 21 »
Été	585	558	565	625	727	795	839	877	897	858	751	660	728	290	1000, 1 »
Automne . .	694	659	682	770	816	867	887	903	910	893	862	765	809	270	1000, 28 »
Année . . .	673	640	652	712	779	826	853	878	895	876	818	740	778	270	1000, 116 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENÈVE 1866

Décembre 1865	$H = 889 + 039 \sin(\mu + 225{,}0^\circ) + 013 \sin(2\mu + 214{,}3^\circ) + 004 \sin(3\mu + 245{,}6^\circ)$
Janvier 1866 .	$H = 829 + 077 \sin(\mu + 228{,}7) + 030 \sin(2\mu + 223{,}0) + 007 \sin(3\mu + 236{,}3)$
Février. . . .	$H = 775 + 105 \sin(\mu + 214{,}7) + 024 \sin(2\mu + 212{,}4) + 003 \sin(3\mu + 233{,}5)$
Mars	$H = 784 + 099 \sin(\mu + 225{,}8) + 028 \sin(2\mu + 212{,}7) + 008 \sin(3\mu + 90{,}0)$
Avril	$H = 739 + 160 \sin(\mu + 222{,}0) + 007 \sin(2\mu + 195{,}9) + 017 \sin(3\mu + 45{,}7)$
Mai.	$H = 712 + 140 \sin(\mu + 231{,}9) + 024 \sin(2\mu + 256{,}8) + 018 \sin(3\mu + 81{,}2)$
Juin	$H = 721 + 173 \sin(\mu + 227{,}1) + 014 \sin(2\mu + 245{,}2) + 008 \sin(3\mu + 66{,}8)$
Juillet	$H = 698 + 179 \sin(\mu + 234{,}3) + 014 \sin(2\mu + 253{,}1) + 014 \sin(3\mu + 49{,}8)$
Août	$H = 765 + 158 \sin(\mu + 233{,}5) + 016 \sin(2\mu + 251{,}6) + 014 \sin(3\mu + 33{,}7)$
Septembre . .	$H = 750 + 152 \sin(\mu + 236{,}5) + 028 \sin(2\mu + 229{,}4) + 007 \sin(3\mu + 0{,}0)$
Octobre . . .	$H = 854 + 124 \sin(\mu + 233{,}2) + 034 \sin(2\mu + 215{,}5) + 007 \sin(3\mu + 168{,}2)$
Novembre . .	$H = 822 + 087 \sin(\mu + 228{,}9) + 028 \sin(2\mu + 224{,}6) + 010 \sin(3\mu + 214{,}5)$
Hiver	$H = 831 + 072 \sin(\mu + 222{,}0) + 022 \sin(2\mu + 215{,}3) + 006 \sin(3\mu + 244{,}2)$
Printemps . .	$H = 745 + 132 \sin(\mu + 226{,}0) + 016 \sin(2\mu + 226{,}6) + 015 \sin(3\mu + 70{,}7)$
Été.	$H = 728 + 170 \sin(\mu + 231{,}6) + 015 \sin(2\mu + 249{,}7) + 012 \sin(3\mu + 47{,}8)$
Automne. . .	$H = 809 + 121 \sin(\mu + 233{,}5) + 030 \sin(2\mu + 221{,}6) + 004 \sin(3\mu + 210{,}1)$
Année	$H = 778 + 124 \sin(\mu + 229{,}3) + 021 \sin(2\mu + 227{,}3) + 005 \sin(3\mu + 116{,}6)$

Comparée à la moyenne des douze années 1849-60, l'année 1866 présente les écarts suivants sur la tension moyenne de la vapeur, sur la fraction moyenne de saturation, et sur le nombre de cas de saturation.

	Excès de la tension moyenne.	Excès de la fraction de saturation.	Excès du nombre des cas de saturation.
	mm		
Décembre 1865 .	+0,05	+018	— 1
Janvier 1866 . .	+0,75	—028	—12
Février	+1,19	—048	—10
Mars	+0,66	+033	— 1
Avril	+0,90	+026	— 5
Mai	—0,37	—012	+ 9
Juin.	+1,21	+011	— 3
Juillet	+0,42	+017	— 1
Août	—0,19	+049	— 2
Septembre. . . .	+0,36	—035	0
Octobre	+0,74	+012	—23
Novembre. . . .	+0,20	—024	+ 1
Hiver	+0,65	—020	—23
Printemps	+0,38	+015	+ 3
Été	+0,47	+026	— 6
Automne	+0,44	—015	—22
Année.	+0,48	+002	—48

La tension de la vapeur a été en moyenne notablement plus forte que de coutume, cependant, en raison de la chaleur exceptionnelle de l'hiver et de l'automne, la fraction de saturation ne présente qu'un excès positif très-faible, et le nombre des cas de saturation, qui se présentent le plus fréquemment dans ces deux saisons, est notablement diminué.

Des vents.

Les chiffres qui représentent l'intensité avec laquelle chaque vent a soufflé à Genève pendant l'année 1866, sont :

Vents observés à Genève, dans l'année 1866.

	Décemb. 1865.	Janvier 1866.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	6	4	0	2	3	3	3	3	3	2	2	2	33
N. . .	73	40	30	90	98	137	104	82	34	43	60	40	831
NNE .	84	32	14	24	43	40	35	16	10	9	59	33	399
NE. .	17	3	8	8	6	4	5	6	10	7	14	8	96
ENE .	5	1	2	1	1	1	3	0	1	2	1	0	18
E. . .	31	5	3	6	3	6	7	4	5	3	9	9	91
ESE .	6	3	2	0	1	3	1	2	1	4	2	3	28
SE. .	10	3	2	8	4	4	2	2	7	3	10	5	60
SSE. .	12	12	4	10	7	6	3	3	7	2	8	8	82
S. . .	30	56	40	31	16	19	8	30	42	53	36	42	403
SSO. .	19	122	95	76	85	42	50	104	111	62	38	104	908
SO. .	21	34	53	51	30	52	46	49	60	57	27	52	532
OSO. .	7	11	14	10	9	7	11	18	8	20	5	10	130
O. . .	7	3	25	7	13	9	11	7	23	21	7	15	148
ONO .	0	0	1	1	4	2	3	3	1	5	1	4	25
NO. .	0	3	10	8	3	6	9	5	5	9	4	7	69
NNO .	3	6	15	10	10	21	15	12	10	11	20	11	144

De ces chiffres, on déduit l'intensité relative des deux principaux courants atmosphériques, les vents du NE. et ceux du SO., ainsi que la direction et l'intensité de la résultante de tous les vents, calculées par la formule de Lambert.

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	RÉSULTANTE. Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1865.	2,50	N 36°,4 E	36	2
Janvier 1866. . .	0,36	S 24,0 O	52	1
Février	0,25	S 44,7 O	59	0
Mars	0,74	S 69,6 O	23	1
Avril	0,99	N 63,8 O	22	1
Mai	1,46	N 27,6 O	38	1
Juin.	1,22	N 61,3 O	24	1
Juillet.	0,52	S 58,3 O	38	1
Août	0,25	S 35,4 O	61	1
Septembre . . .	0,30	S 51,6 O	47	1
Octobre	1,27	N 3,3 O	14	1
Novembre. . . .	0,40	S 38,2 O	46	1
Année	0,68	S 64,4 O	23	1

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années montre une prédominance très-marquée des vents du SO., surtout dans les mois de janvier, février, juillet, août, septembre et novembre. Si l'on divise les chiffres indiqués ci-dessus pour l'année, et se rapportant à 3285 observations, par 3,285 pour les réduire au nombre proportionnel de 1000 observations, on peut faire la comparaison suivante avec la moyenne des années antérieures :

1866	N. 253;	NNE. 121;	NE. 29;	S. 123;	SSO. 276;	SO. 162.
Moyenne 1847-61	N. 273;	NNE. 216;	NE. 38;	S. 116;	SSO. 194;	SO. 125.

Il y a ainsi en 1866 une forte diminution des vents du NNE., c'est-à-dire de la bise, et une forte augmentation des vents du SSO., soit des vents du *midi;* c'est ce qui ressort également du tableau ci-dessous qui donne le relevé des jours de forte bise, ou de fort vent du *midi* dans les différents mois :

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1865 . .	5	0
Janvier 1866	1	5
Février	0	9
Mars	2	4
Avril	3	5
Mai	5	2
Juin	2	4
Juillet	1	8
Août	0	10
Septembre	0	6
Octobre	4	0
Novembre	2	6
Année	25	59

Il y a ainsi absence complète, ou presque complète, de jours de forte bise dans les mois de janvier, février, juillet, août et septembre; on compte en moyenne, dans l'année, 45 jours de forte bise, soit presque le double du nombre observé en 1866, et 54 jours de fort vent du *midi.*

Les vents observés au Saint-Bernard, pendant l'année 1866, sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1865.	125	108	1,16	N 45°E	6	22
Janv. 1866.	187	72	2,60	N 45 E	41	23
Février . .	176	64	2,75	N 45 E	44	16
Mars. . . .	198	103	1,92	N 45 E	34	7
Avril . . .	148	87	1,70	N 45 E	23	24
Mai	163	90	1,81	N 45 E	26	14
Juin. . . .	107	75	1,43	N 45 E	12	37
Juillet . . .	225	55	4,09	N 45 E	61	17
Août . . .	152	108	1,41	N 45 E	16	17
Septembre.	143	214	0,67	S 45 O	26	5
Octobre. .	113	126	0,90	S 45 O	5	21
Novembre.	274	36	7,61	N 45 E	88	19
Année. . . .	2011	1138	1,77	N 45 E	27	19

Ces chiffres montrent que la prédominance des vents du SO. ne s'est pas manifestée dans la station élevée, dans laquelle les vents du NE. ont soufflé au contraire plus fréquemment que de coutume; c'est surtout dans les mois de janvier, février, mars, juillet, août et novembre que cette direction opposée des courants atmosphériques est le plus prononcée, le vent du NE. régnant au Saint-Bernard dans les régions supérieures, et celui du SO. dans la plaine à Genève, tandis que le phénomène inverse a eu lieu dans le mois d'octobre seulement.

De la pluie.

Le relevé du nombre de jours et d'heures de pluie ou de neige, ainsi que de la quantité d'eau tombée, fournit les résultats suivants à Genève et au Saint-Bernard pendant l'année 1866 :

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.
		mm			mm	
Décemb. 1865.	5	32,7	37	6	53,9	44
Janvier 1866 .	10	46,5	56	10	68,4	70
Février	16	87,3	101	12	126,2	129
Mars	19	157,3	130	16	83,7	103
Avril	12	70,5	62	12	134,7	110
Mai	13	134,1	87	10	144,1	95
Juin.	11	43,3	31	7	60,5	38
Juillet.	12	94,3	56	7	32,9	21
Août	18	86,2	85	13	149,9	86
Septembre. . .	11	111,9	62	12	340,8	123
Octobre	7	37,9	31	2	23,3	12
Novembre. . .	14	67,6	72	8	45,6	73
Hiver	31	166,5	194	28	248,5	243
Printemps. . .	44	361,9	279	38	362,5	308
Été	41	223,8	172	27	243,3	145
Automne . . .	32	217,4	165	22	409,7	208
Année.	148	969,6	810	115	1264,0	904

A Genève, l'hiver de 1866 se distingue, comme les quatre précédents, par une absence presque complète de neige ; il n'en est point tombé du tout dans les mois de décembre, janvier et février, et une quantité insignifiante, un à deux centimètres seulement, à quatre reprises, dans le mois de mars ; cette neige avait disparu, du reste, au bout d'une couple d'heures.

La comparaison de l'année 1866 avec la moyenne des

36 années 1826—61, donne les différences suivantes, à Genève, pour le nombre de jours de pluie et sur la quantité d'eau tombée :

	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm
Décembre 1865. . .	— 4	— 20,1
Janvier 1866	+ 1	+ 0,1
Février	+ 8	+ 50,1
Mars.	+10	+115,3
Avril	+ 1	+ 11,8
Mai.	+ 1	+ 51,8
Juin	+ 1	— 32,3
Juillet.	+ 2	+ 22,6
Août	+ 8	+ 6,9
Septembre	0	+ 11,1
Octobre.	— 4	— 62,5
Novembre.	+ 4	— 10,7
Hiver	+ 5	+ 30,1
Printemps.	+12	+178,9
Été	+11	— 2,8
Automne	0	— 62,1
Année.	+28	+144,1

Les mois de janvier, avril, juillet et septembre s'écartent fort peu de la moyenne, soit sous le rapport de la fréquence de la pluie (nombre de jours de pluie dans le mois), soit sous celui de l'abondance, ou de la quantité d'eau tombée ; les mois de décembre et d'octobre présentent seuls un caractère prononcé de sécheresse, par une diminution notable dans la fréquence et dans l'abondance de la pluie.

Les mois de février et de mars présentent, au contraire, un caractère très-prononcé d'humidité, soit au point de vue de la fréquence, soit à celui de l'abondance de la pluie, surtout le mois de mars ; depuis qua-

rante ans, il ne se trouve pas un seul mois de mars, où l'on ait enregistré un aussi grand nombre de jours de pluie, et une aussi grande quantité d'eau tombée, le maximum jusqu'ici ayant été dans l'année 1827, avec 105mm,3 tandis qu'il en est tombé 157mm,3 en 1866. Dans les mois de mai et de juin, la fréquence de la pluie s'écarte fort peu de la moyenne, mais le premier de ces mois présente une forte augmentation et le second une forte diminution dans la quantité d'eau tombée. Dans les mois d'août et de novembre, au contraire, on trouve une augmentation notable dans la fréquence de la pluie, la quantité d'eau tombée s'écartant peu de la moyenne, en plus au mois d'août, en moins en novembre.

Si l'on fait une comparaison analogue pour les saisons, on trouve que l'hiver peut être rangé au nombre des hivers pluvieux, bien que ce caractère ne soit pas très-prononcé, l'excès dans le nombre de jours de pluie ne dépassant que fort peu les limites de l'écart probable, et l'excès dans la quantité d'eau tombée ne dépassant pas les limites de l'écart probable. Le printemps a été très-pluvieux, et ce caractère est très-prononcé, soit au point de vue de la fréquence, soit à celui de l'abondance de la pluie, depuis quarante ans on ne trouve qu'une seule année, en 1856, où dans cette saison le nombre de jours de pluie ait été plus considérable, et deux années 1856 et 1827, où la quantité d'eau ait été dépassée, encore faut-il noter que le chiffre élevé de l'année 1827 est dû à une trombe qui a fourni 162mm,4 dans l'espace de quelques heures. L'été de 1866 a été certainement pluvieux, si l'on n'a égard qu'à l'augmentation notable dans le nombre de jours de pluie, et sous ce rapport les plaintes, que l'on entendait de tous les côtés sur le temps dé-

plorable dans cette saison, sont à un certain point justifiées, bien que la quantité d'eau tombée soit restée, d'une petite quantité il est vrai, au-dessous de la moyenne. En automne, on trouve la fréquence égale à la moyenne, et une moins grande abondance dans la quantité d'eau tombée. En somme, l'année a été pluvieuse et elle doit ce caractère surtout à la plus grande fréquence de la pluie, car l'on ne trouve qu'en 1860 un nombre plus considérable de jours de pluie; l'augmentation dans la quantité d'eau tombée est considérable aussi, et elle dépasse les limites de l'écart probable, mais on trouve huit années depuis 1826, où la quantité d'eau a été plus considérable.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes principales de sécheresse, ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses, ou de jours de pluie consécutifs; lorsque le commencement d'un mois tombait dans une pareille période, je l'ai attribuée à celui qui renfermait le plus grand nombre de jours; je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans les 24 heures a été faible, au-dessous d'un millimètre, ou très-faible, au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans vingt-quatre heures, et le nombre de jours où cette quantité a dépassé trois centimètres.

	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de		Pluie dans 24 heures	
			$1^{mm},0$.	$0^{mm},25$.	maximum.	dépassant 3^{cm}
Décembre 1865	23 jours (7–29)	2 jours	2	–	mm 12,0 le 30	–
Janvier 1866..	8 » (24–31)	5 » (7–11)	1	–	10,4 le 8	–
Février......	6 » (22–27)	5 » (4– 8)	2	1	15,7 le 2	–
Mars........	2 »	6 » (5–10)	5	1	51,0 le 5	1
Avril........	6 » (22–27)	3 »	3	–	24,1 le 20	-
Mai..........	11 » (14–24)	7 » (25–31)	-	–	44,9 le 25	1
Juin..........	8 » (5–12)	3 »	3	1	8,4 le 4	–
Juillet.......	11 » (8–18)	7 » (29 juin–5 juillet)	1	–	20,9 le 19	–
Août........	4 » (15–18)	7 » (8–14)	6	1	27,8 le 28	–
Septembre....	7 » (26 sept.–2 oct.)	2 »	2	1	36,4 le 8	1
Octobre......	12 » (6–17)	3 »	1	–	17,6 le 23	–
Novembre....	13 » (26 oct.–7 nov.)	5 » (24–28)	5	4	20,5 le 9	–
Année.......	23 jours	7 jours	31	9	51,0 le 5 mars	3

Ainsi la plus longue période de jours consécutifs sans pluie est de vingt-trois jours, et se trouve au mois de décembre; à la fin de l'hiver, au printemps et en été, où l'on rencontre fréquemment de longues périodes de sécheresse, on n'en trouve point en 1866, et même en mars on n'a pas eu plus de deux jours, et en août plus de quatre jours consécutifs sans pluie. Le plus grand nombre de jours consécutifs de pluie ne dépasse pas sept, mais on trouve trois mois dans l'année: mai, juillet et août où ce chiffre a été atteint. Sur les cent quarante-huit jours de pluie enregistrés dans le courant de l'année, il s'en trouve trente-un, où la quantité d'eau tombée dans vingt-quatre heures n'a pas atteint un millimètre, et neuf, où elle n'a pas atteint un quart de millimètre. La quantité maximum tombée dans vingt-quatre heures est de $51^{mm},0$, cela a eu lieu le 5 mars, c'est-à-dire à une époque de l'année où les chutes d'eau très-abondantes sont rares; il est tombé dans ce seul jour plus d'eau, un quart en sus, qu'il n'en tombe en moyenne dans tout le mois. Enfin, il y a eu trois jours dans l'année, où la quantité de pluie recueillie dans un jour a dépassé trois centimètres.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire, à quelques égards, la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie dans chaque mois, dans chaque saison, dans l'année, par le nombre total d'heures contenues dans chaque période; le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu, un jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
			mm			mm
Déc. 1865.	0,050	7,40	0,88	0,059	7,33	1,22
Janv. 1866.	0,075	5,60	0,83	0,094	7,00	0,98
Février. . .	0,150	6,31	0,86	0,192	10,75	0,98
Mars. . . .	0,175	6,84	1,21	0,138	6,44	0,81
Avril. . . .	0,086	5,17	1,14	0,153	9,17	1,22
Mai	0,117	6,69	1,54	0,128	9,50	1,52
Juin	0,043	2,82	1,40	0,053	5,43	1,59
Juillet . . .	0,075	4,67	1,68	0,028	3,00	1,57
Août. . . .	0,114	4,72	1,01	0,116	6,62	1,74
Septembre.	0,086	5,64	1,80	0,171	10,25	2,77
Octobre . .	0,042	4,43	1,22	0,016	6,00	1,94
Novembre .	0,100	5,14	0,94	0,101	9,12	0,63
Hiver. . . .	0,090	6,26	0,86	0,113	8,68	1,02
Printemps .	0,127	6,34	1,30	0,139	8,11	1,18
Été	0,077	4,20	1,30	0,066	5,37	1,68
Automne. .	0,076	5,16	1,32	0,095	9,45	1,97
Année . . .	0,092	5,48	1,20	0,103	7,86	1,40

Si l'année 1866 a été pluvieuse à Genève, elle ne présente pas le même caractère au St-Bernard; la quantité d'eau tombée est au-dessous de la moyenne, aussi bien que le nombre de jours de pluie ou de neige. Le mois de septembre seul peut être remarqué pour l'abondance exceptionnelle de la pluie, tandis que les autres mois d'automne et l'hiver ont été secs. Il est tombé, en particulier, fort peu de neige en octobre, novembre, décembre et janvier, comparativement à ce qui en tombe ordinairement, et la hauteur totale de la neige est restée fort au-dessous de la moyenne, qui s'élève à peu près à dix mètres.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1866.

	millimètres.
Décembre 1865. . . .	540
Janvier 1866	800
Février.	1692
Mars	980
Avril	630
Mai.	690
Juin	0
Juillet.	0
Août	160
Septembre	100
Octobre.	51
Novembre	600
Année	6243

Le nombre de jours où l'on a entendu le tonnerre à Genève, pendant l'année 1866, s'élève à 34 ; il se répartit comme suit entre les différents mois ; les détails relatifs à chaque orage se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1865. . . .	0	0
Janvier 1866.	0	0
Février	1	0
Mars	0	0
Avril	1	0
Mai	7	1
Juin	10	5
Juillet	9	2
Août.	3	0
Septembre	2	1
Octobre.	1	2
Novembre.	0	0
Année.	34	11

Voici enfin le nombre de jours où l'on a observé à Ge-

nève des halos ou des couronnes autour du soleil ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1865. .	1	0	1	2
Janvier 1866 . . .	2	0	3	8
Février	4	0	1	4
Mars	4	0	0	2
Avril	6	0	0	2
Mai	2	0	0	0
Juin.	5	0	1	1
Juillet.	2	0	0	1
Août	2	0	0	2
Septembre.	1	0	0	1
Octobre	1	0	0	1
Novembre	1	0	0	1
Année.	31	0	6	25

État du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours *clairs, peu nuageux, très-nuageux* ou *couverts,* selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

On trouve, pour l'année 1866, les nombres suivants pour ces différentes catégories et pour la clarté moyenne du ciel, soit à Genève, soit au Saint-Bernard :

	GENEVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts	Clarté moyenne.
Déc. 1865.	2	2	1	26	0,87	22	0	2	7	0,26
Janv. 1866.	4	8	4	15	0,64	12	5	9	5	0,40
Février. . .	2	3	3	20	0,77	3	4	5	16	0,73
Mars	2	5	6	18	0,73	3	2	4	22	0,76
Avril	4	8	8	10	0,58	6	3	5	16	0,67
Mai.	9	3	6	13	0,56	7	3	5	16	0,66
Juin	6	10	10	4	0,47	2	9	7	12	0,64
Juillet . . .	12	6	3	10	0,47	6	9	7	9	0,53
Août	5	5	5	16	0,63	5	3	3	20	0,71
Septembre.	7	7	7	9	0,53	5	6	3	16	0,67
Octobre . .	2	8	10	11	0,61	14	5	3	9	0,45
Novembre .	6	4	3	17	0,66	10	3	7	10	0,52
Hiver. . . .	8	13	8	61	0,756	37	9	16	28	0,456
Printemps .	15	16	20	41	0,623	16	8	14	54	0,698
Été.	23	21	18	30	0,522	13	21	17	41	0,624
Automne. .	15	19	20	37	0,600	29	14	13	35	0,544
Année . . .	61	69	66	169	0,625	95	52	60	158	0,581

A Genève, l'année 1866 s'écarte fort peu de la moyenne sous le rapport de la proportion de nuages et du nombre de jours clairs, nuageux ou couverts; on trouve une moins forte proportion de nuages dans les mois de janvier, avril, mai, juin, octobre et novembre, par contre une plus forte proportion dans ceux de février, mars et août; les mois de décembre, juillet et septembre se rapprochent beaucoup de la moyenne.

Le nombre total de jours de brouillard a été plus faible que de coutume, bien que l'on trouve, au mois de décembre, une augmentation sur le nombre ordinaire, surtout sur celui d'un brouillard persistant pendant toute la journée; cette période de brouillard persistant a duré du 20 au 29 décembre 1865.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1865. . .	10	1	11
Janvier 1866	3	3	6
Février.	0	0	0
Mars.	0	0	0
Avril.	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	1	1
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	0	2	2
Octobre	0	1	1
Novembre	0	7	7
Année	13	15	28

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Prof. HAGENBACH. SUR LE MÉTÉORE DU 11 JUIN 1867.

J'ai reçu de différents côtés, au sujet du météore du 11 juin, des communications dont j'exprime ici ma reconnaissance, et qui m'ont mis à même de réunir les points essentiels qui caractérisent ce phénomène. C'est en m'aidant de ces renseignements divers que je veux chercher à faire ressortir, en les groupant, ce qui, dans les observations de plusieurs spectateurs, présente le plus de vraisemblance.

Le météore a été observé le 11 juin 1867, à 8 h. 25 m. du soir, heure de Bâle.

La direction dans laquelle le météore a été vu, à son point le plus élevé, était 45° à partir du nord, du côté de l'ouest, et à 12° $^1/_2$ au-dessus de l'horizon. La donnée de l'azimuth repose sur une communication qui indique la position de l'observateur et celle d'une tour assez éloignée, près de laquelle on voyait le météore, en sorte que, avec le secours du plan de la ville, la direction peut être fixée avec assez d'exactitude. La hauteur a été appréciée plus tard par un point sur lequel un observateur très-exact se rappelait avoir visé; je ne crois pas que cette détermination puisse comporter une erreur de beaucoup plus d'un degré.

Le météore en lui-même consistait en un globe de feu, qui s'éleva rapidement, comme une fusée, parut s'arrêter un moment lorsqu'il atteignit son point le plus élevé, puis se rapprocha de l'horizon par un mouvement lent, mais qui allait en s'accélérant. Après sa disparution, le météore laissa derrière lui une traînée de feu qui, par degrés, devint blanche et semblable à un nuage; cette traînée présentait au

commencement une forme en spirale, et elle prit successivement différentes formes que les spectateurs ont cherché à décrire, en les comparant à des caractères d'écriture — quelque chose dans ce genre *E*?. — Les contours devinrent moins précis, en sorte qu'à la fin, l'apparition ressemblait beaucoup à un nuage ordinaire. C'est seulement au bout d'une heure entière que les dernières traces s'évanouirent, après qu'un déplacement d'environ 3° vers l'ouest se fut produit. Le météore doit avoir été visible sur un très-grand espace, car à côté des observations faites ici, j'en ai reçu de plusieurs contrées de la Suisse (Genève, Fribourg, Berne, Zurich, Argovie), de Baden-Baden et de quelques parties de la France, surtout de Paris.

Cherchons à tirer de tout cet ensemble quelques conclusions.

Le fait que, vu de Bâle, le météore s'est élevé verticalement et est ensuite tombé dans la même direction, nous fait supposer que l'orbite dans lequel il se mouvait coïncide avec la direction dans laquelle il semblait se diriger pour nous. Nous concluons donc de là que l'orbite décrit par le globe de feu, dans notre atmosphère terrestre, s'étendait du nord-est au sud-ouest. — Ceci s'accorde aussi avec les observations de Fribourg, en Suisse, d'après lesquelles la trajectoire apparente n'était plus verticale, mais consistait en une ligne s'abaissant vers le nord. Une observation de ce météore, faite à Paris et d'après laquelle il se mouvait de N. 3° O. à N. 34° O., s'accorde aussi tout à fait avec cette supposition. L'ascension rapide et la chute relativement lente de ce météore ne sont naturellement qu'un mouvement apparent. L'ascension correspond à l'accroissement de l'angle de la hauteur, à cause du grand rapprochement. L'arrêt apparent au point le plus élevé a duré tant que la hauteur angulaire, provenant du rapprochement, a augmenté d'une quantité égale à la diminution provenant de la chute dans l'atmosphère: puis, quand l'influence de la chute est devenue prédominante, le météore a

dû paraître s'abaisser. Le fait que le nuage blanc s'est produit principalement au maximum de hauteur, permet de supposer qu'une explosion a eu lieu à cet endroit. Les lieux pour lesquels le phénomène a dû se produire au zénith, c'est-à-dire les points directement au-dessus desquels le globe de feu a passé, doivent pouvoir être déterminés d'après les directions dans lesquelles le phénomène a été vu de différents lieux. Les observations de Bâle et de Paris, déjà mentionnées, ainsi que le fait que le météore était vu de Baden-Baden dans la direction de l'ouest, et de Genève au-dessus de la Dôle, permet de conclure que la projection de la trajectoire de la boule de feu s'étendait environ de 0° 5′ E. de Paris, et 51° N. de latitude, aux environs de Dunkerque, jusqu'à 1° 25′ O. de Paris et 50° 10′ N. de latitude entre Cambrai et Avesnes. Ce sont seulement des observations, faites dans ces contrées mêmes, qui permettraient de conclure avec certitude. Le phénomène se serait produit en moyenne à 470 kilomètres de Bâle. Si nous calculons l'altitude à laquelle il s'est produit, d'après cette distance et d'après la hauteur apparente de 12° $^1/_2$, en tenant compte de la courbure de la terre, nous obtenons le chiffre considérable de 131 kilomètres. La hauteur de 22° 30′, donnée par l'observatoire de Paris, conduit à une hauteur un peu moindre, de 103 kilomètres. La circonstance que les traces que le météore a laissées derrière lui, ont pu être vues pendant une heure entière, présente un intérêt particulier. Cette observation a été favorisée par le fait que le phénomène se produisit le soir et que, par conséquent, les nuages du météore, ayant une hauteur si considérable vers l'ouest, furent longtemps éclairés par le soleil, tandis que plus bas il faisait déjà sombre. On ne peut pas préciser la substance dont ces nuages météoriques sont formés ; cependant, le fait que dans quelques aérolites, comme par exemple celui qui est tombé à Orgueil, dans le midi de la France, le 14 mai 1864, on a trouvé des quantités notables de sel ammoniaque, de chlorure de sodium et de substances analogues, fait supposer que

des matières du même genre, vaporisées par une haute température, puis de nouveau condensées, se sont maintenues en suspension dans l'atmosphère. Il est possible aussi que l'eau à l'état solide ait joué un rôle; cependant, la température devrait alors avoir été extraordinairement basse, pour que la tension de la vapeur d'eau fût égale à la pression extraordinairement basse aussi de l'atmosphère, à une aussi haute altitude. Le fait que la position des nuages a peu changé pendant une heure, est la preuve la plus concluante que ce météore était suspendu dans l'atmosphère de la terre et était soumis à son mouvement de rotation.

PHYSIQUE.

E. Dubois, ancien officier de marine. De la déviation des compas a bord des navires.

Depuis longtemps on cherche dans la marine *à corriger les compas*, c'est-à-dire à annuler, autant que possible, ses écarts autours du méridien magnétique produits par les substances magnétiques du bâtiment. Or, cette correction des compas qui jusqu'à présent n'a pu être tentée qu'en introduisant dans le navire et près des aiguilles, des aimants puissants, augmente par le fait cette quantité d'actions magnétiques agissant sur l'aiguille; et si dans certains cas ces aimants peuvent avoir une action favorable, ils peuvent aussi dans d'autres être la source d'erreurs considérables. On ne comprend pas, en effet, comment *dans un lieu donné* des aimants placés à bord d'un navire pour forcer l'aiguille aimantée à se maintenir dans le plan du méridien magnétique qui correspond à une intensité et à une inclinaison particulières, pourraient encore produire le même effet, si le *méridien*, l'*inclinaison* et l'*intensité* magnétiques du lieu venaient à changer d'une manière notable. — C'est cependant le cas qui se présente quand, dans le cours de la navigation, un navire change

d'hémisphère. On comprend qu'il doit alors exister deux causes devant modifier l'action des *aimants correcteurs* sur l'aiguille aimantée :

1° Le changement dans ce qu'on pourrait appeler l'*état magnétique de la terre*, état qui, à une époque donnée, est propre à chaque lieu.

2° Le changement dans ce qu'on nomme l'*état magnétique du bâtiment*.

Aussi a-t-on signalé des erreurs considérables produites sur les navires accomplissant de longues navigations, par les aimants correcteurs. C'est même ce qui a déterminé l'Amirauté anglaise à défendre la correction des compas sur les navires de la marine royale d'Angleterre.

Les observations qui précèdent sont extraites de l'ouvrage que nous annonçons en tête de cet article, et dont l'auteur vient de nous communiquer une note supplémentaire. Pour avoir l'intelligence de cette note, il est nécessaire d'ajouter que M. Dubois, après avoir exposé, dans son ouvrage imprimé, l'état de la question, en a fait un résumé historique, dans lequel il examine en particulier les différents moyens proposés pour combattre et déterminer les déviations produites par les matières ferrugineuses du navire. Il passe ensuite à l'exposition des formules analytiques de Poisson par lesquelles l'illustre mathématicien a essayé de tenir compte des éléments perturbateurs dans la détermination de la véritable direction de l'aiguille aimantée. Enfin, il donne la théorie et la description d'un instrument ayant pour but de trouver à un moment donné, quel que soit l'état magnétique des matières ferrugineuses du bâtiment, la déviation de l'aiguille aimantée pour le cap auquel gouverne le navire. Cet instrument que l'action désigne sous le nom de *compas de déviations à double aiguille*, est basé sur les actions magnétiques qu'une grande aiguille, le magnétisme terrestre et toutes les matières ferrugineuses du navire, développent, à *un moment donné*, sur une petite aiguille placée exactement

au-dessus de la grande, à une très-faible distance. Il analyse successivement les actions sur la petite aiguille du magnétisme terrestre, de la grande aiguille et du navire, puis ensuite l'action sur la grande aiguille du magnétisme terrestre et du navire. Après cela, il passe à la description de l'appareil lui-même, dont les pièces principales sont une grande aiguille aimantée avec sa rose, et une petite aiguille aimantée garnie d'une lame de talc circulaire, qu'on peut rapprocher ou éloigner de la grande au moyen d'une crémaillère. Il termine par quelques expériences tentées en 1862 sur un vaisseau cuirassé, et il en conclut qu'on peut espérer que l'instrument expérimenté dans de bonnes conditions donnera d'une manière satisfaisante pour les besoins de la navigation, ces déviations qui sont depuis quelques années l'objet d'une si grande préoccupation.

Nous extrayons maintenant de la nouvelle note de M. Dubois ce qui suit[1] :

« Voici le problème qui ne me paraît pas avoir encore été résolu :

« Comment peut-on savoir si, dans un lieu donné, l'aiguille
« aimantée n'est soumise qu'à l'action du magnétisme terres-
« tre, ou si elle est aussi sous l'influence d'actions étrangères.
« Et dans ce dernier cas, comment peut-on déterminer la
« direction et l'intensité de cette action étrangère ? »

« D'après quelques observations que j'ai faites avec le compas qui avait été construit aux frais de l'Etat, d'après les ordres du ministre de la marine (compas qui a été détruit dans le port de Brest, sans que l'on sache par qui) ; et aussi d'après

[1] Nous avons supprimé dans cette note quelques formules qui ne seraient intelligibles qu'autant qu'on en reproduirait d'autres en plus grand nombre contenues dans l'ouvrage imprimé de M. Dubois. Notre but principal a été d'attirer l'attention des hommes compétents sur le procédé ingénieux proposé par le savant officier de marine, et qui, autant que nous pouvons en juger, nous paraît résoudre la question d'une manière satisfaisante. (A. D. L. R.)

la théorie des actions réciproques développées par deux aiguilles aimantées placées *exactement* l'une au-dessus de l'autre, il résulte : que si (avec mon instrument) on place la grande aiguille exactement dans le méridien magnétique *apparent*, et que l'on maintienne cette aiguille dans cette position, les phénomènes suivants se produiront avec la petite aiguille :

« 1° *S'il n'existe pas d'action magnétique étrangère ;* en rapprochant, à l'aide de la crémaillère la petite aiguille de la grande, la petite se maintiendra toujours dans le plan du *méridien magnétique,* jusqu'à une certaine élévation (le point mort) au-dessous de laquelle la petite aiguille effectuera une demi-révolution sur elle-même, c'est-à-dire que son pôle Nord prendra la place du pôle Sud et réciproquement, et si l'on continue à abaisser l'aiguille, elle se maintiendra ainsi dans le plan du méridien magnétique.

« 2° *S'il existe une action magnétique étrangère ;* en rapprochant, à l'aide de la crémaillère la petite aiguille de la grande, cette petite aiguille fera avec la grande *des angles qui seront de plus en plus grands* à mesure que l'on abaissera la petite aiguille.

« Pour déterminer la direction et l'intensité de l'action magnétique étrangère, on commencera par déterminer la valeur de la constante F, de la manière que j'ai indiquée dans ma brochure.

« Une fois cette constante déterminée soigneusement, on cherchera, comme je l'indique, la déviation V de la grande aiguille.

« Cette déviation étant trouvée, on aura *l'angle* A-V que fait *la direction de l'action magnétique étrangère* avec la *grande aiguille* au moyen de la formule que j'ai donnée, et enfin, au moyen d'une autre formule très-simple, on obtiendra l'intensité de l'action magnétique étrangère. »

H. HELMHOLTZ. OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. Traduction par MM. E. Javal et Th. Klein. (Paris, 1867; in-8°, avec figure dans le texte et atlas.)

Nous nous bornons aujourd'hui à annoncer la traduction de cet important ouvrage. Elle sera d'autant mieux accueillie du public scientifique que, si nous ne nous trompons, l'ouvrage allemand, faisant partie de l'Encyclopédie de Karsten, ne se vendait pas séparément. La traduction française a été revue et complétée par l'auteur, et elle contient, intercalés à leurs places, divers suppléments qui avaient paru avec la dernière livraison de l'édition allemande.

CHIMIE.

Charles TOMLINSON. SUR L'ÉTAT SOI-DISANT « INACTIF » DES SOLIDES. (*Philosophical Magazine*, Août 1867.)

Les comptes rendus du 9 novembre 1866 renferment un mémoire de M. Gernez, « sur le dégagement des gaz de leurs solutions saturées, » dans lequel il est dit, que si l'on remue avec une baguette de fer de l'eau de seltz ou toute autre solution d'acide carbonique dans l'eau, cette baguette perd au bout d'un certain temps la faculté de dégager des bulles de gaz. Il en est de même si on plonge la baguette dans l'eau, comme aussi si on la rechauffe, ou qu'on la tienne à l'abri de l'air.

M. Henri Leowel avait déjà publié les résultats de plusieurs travaux sur les solutions sursaturées, dans lesquels il admettait une distinction entre les solides *actifs* et *inactifs*, ou, comme il les appelle, *dynamiques* ou *adynamiques*, pour déterminer la cristallisation. D'après M. Leowel, cette différence tiendrait plutôt à une cause catalytique que mécanique. Il a trouvé, par exemple, que si une baguette de verre était chauffée à la température de 30° à 40° C., on pouvait l'employer à

remuer une solution sursaturée sans déterminer de cristallisation. De même, des baguettes de métal chauffées à la température de 150° à 200° devenaient inactifs si on les laissait refroidir à l'abri de l'air, mais ils redevenaient actifs, si on les exposait de nouveau à l'air pendant une heure au plus. Il a aussi remarqué que des baguettes de verre et d'autres substances, plongées pendant quelque temps dans de l'eau froide, devenaient partiellement ou totalement inactifs, mais regagnaient leur activité si on les exposait à l'air de manière à évaporer l'eau.

M. Tomlinson cherche à montrer dans son travail que cet état de prétendue inactivité de la matière solide, n'est autre chose qu'un simple phénomène d'adhésion. Suivant lui, les fragments de fil de fer, de silex, de verre, etc. déterminent la cristallisation lorsqu'ils sont à l'état sec, parce qu'il y a alors adhésion entre eux et les solutions sursaturées ; en d'autres termes, dans ce cas ils sont mouillés par la solution. Mais si on les humecte avec de l'eau avant de les plonger dans la solution, celle-ci n'est plus capable de les mouiller, et partant, ils ne peuvent agir comme noyaux de cristallisation, puisqu'ils ne se trouvent plus en contact réel avec la solution. C'est par la même raison qu'une baguettc de verre, débarrassée chimiquement de toute impureté, se comportera tout autrement qu'un fragmeut de ce même solide qui a perdu ce que l'auteur appelle sa « propreté chimique » en restant quelque temps exposée à l'air. C'est aussi par cette raison qu'une baguette de verre plongée dans de l'eau de seltz déterminera un dégagement de gaz, pourvu qu'elle ait été préalablement exposée à l'air, mais pas autrement. Elle perd cette propriété si on la tient pendant quelque temps plongée dans la solution, ou si elle a été préalablement plongée dans de l'eau, ou chauffée, d'où on a conclu que ce ne sont pas les corps solides qui déterminent le dégagement du gaz, mais bien l'air en contact avec eux. Les physiciens cités plus haut admettent qu'un corps solide, quel que soit son degré de poli,

est recouvert d'aspérités formant une espèce de réseau de conduits capillaires, dans lesquels pénètrent et se dissolvent les gaz ambiants. Les bulles de gaz ainsi emprisonnées deviendraient, d'après eux, des centres auxquels viennent se joindre les bulles de gaz dissous. Dans ce système, on suppose que les solides deviennent inactifs en les plongeant pendant quelque temps dans l'eau, ou en les exposant à une température élevée, parce qu'on éloigne ainsi l'air ambiant de leur surface.

Les expériences de M. Tomlinson l'ont conduit, comme nous l'avons déjà annoncé, à reconnaître que la prétendue activité des solides pour déterminer un dégagement de gaz des liquides dans lesquels ces gaz se trouvent condensés, ne dépend absolument que d'une diminution dans la force d'adhésion des solides pour les liquides en question, par suite de l'absence de pureté chimique. Il montre, en effet, expérimentalement, que si l'on rend les solides chimiquement propres en les débarrassant de toute substance étrangère, la solution leur adhérera sans qu'il y ait dégagement de gaz. Qu'on néglige, au contraire, cette précaution, ainsi que cela a lieu lorsqu'on manie les solides avec la main, ou qu'on les expose à l'air pendant un certain temps, bientôt la force d'adhésion du solide pour le gaz l'emportera sur celle de ce même solide pour le liquide, et il en résultera comme conséquence un dégagement de gaz de la solution. Voici maintenant quelques-uns des résultats obtenus par M. Tomlinson.

1. On a pris deux verres à pied A et B, dont le premier A, après avoir été bien lavé avec de l'alcool méthylique, a été ensuite rincé avec de l'eau distillée, afin de le débarasser complétement de l'alcool resté adhérent. Une bouteille d'eau de seltz ayant été ensuite débouchée avec soin, une portion de ce liquide a été versée dans chacun des deux verres. Aussitôt le verre B s'est trouvé partout recouvert de bulles de gaz, tandis qu'il n'en a pas apparu une seule sur la surface du verre A.

2. On a plongé, d'abord dans le verre A, puis dans B, une baguette de verre et une spatule de platine, après les avoir préalablement exposés longtemps à l'air; aussitôt des bulles de gaz se sont dégagées en abondance de la surface de chacun de ces deux solides. Ces mêmes solides, après avoir été plongés dans de l'alcool, de manière à être rendus chimiquement propres, et ensuite lavés à l'eau pure, ont été de nouveau introduits dans chacun des deux verres, sans qu'il se manifestât le plus petit dégagement de gaz sur toute la portion de la surface qui s'était trouvée en contact avec l'alcool. Partout ailleurs les bulles se sont dégagées en abondance, comme précédemment. Il résulte évidemment de ces expériences, que là où la surface du solide a été rendue chimiquement propre, l'adhésion du liquide à cette surface est parfaite, celle-ci est complétement mouillée, et partant, il n'y a aucun dégagement de gaz. Mais que la surface perde cette propriété chimique, et il suffit pour cela de l'exposer pendant quelques minutes à l'air, aussitôt l'adhésion du liquide pour la surface devient moins complète, celle-ci n'est alors que partiellement mouillée, et le gaz s'accumule autour du solide par suite de son adhésion plus forte pour celui-ci. En d'autres termes, là où il n'y a qu'une faible adhésion entre le liquide et le solide, il peut exister une forte adhésion entre le gaz et le solide, d'où il résulte que l'absence de propreté chez les corps solides tend à faciliter le dégagement des gaz des solutions dans lesquelles ils se trouvent dissous.

L'auteur montre ensuite que, contrairement à ce qui est généralement admis, l'état plus ou moins raboteux de la surface n'exerce aucune influence sur l'action d'un solide pour déterminer un dégagement plus ou moins copieux de gaz, pourvu que la pureté chimique de la surface reste constante. Il en est de même de l'action de la chaleur, laquelle, à ce qu'on prétend, rend les solides inactifs en écartant d'eux les gaz par l'effet de la dilatation. Suivant notre auteur, la chaleur n'exerce d'autre action que celle de débarrasser la

surface des solides des impuretés qui peuvent y être restées adhérentes. Si, en effet, la chaleur agissait en écartant les gaz par un effet de dilatation, il suffirait de chauffer un solide par un procédé quelconque pour le débarasser de l'air environnant, et le rendre ainsi incapable de déterminer le dégagement de gaz. Or, l'expérience suivante montre qu'il n'en est pas ainsi.

Une baguette de verre, après avoir été longtemps exposée à l'air, a été plongée pendant vingt minutes dans de l'huile d'olive chauffée à la température de 157° C. Cette même baguette, bien essuyée, a été ensuite introduite dans de l'eau de seltz ; à l'instant même la totalité de la partie plongée s'est trouvée recouverte de bulles de gaz. Dans cet exemple, cependant, non-seulement la baguette avait dû être débarrassée de la couche d'air qui l'entourait, mais encore a-t-elle été recouverte d'une pellicule mince d'huile. Dans ce cas, elle est certainement aussi éloignée que possible de l'état de propreté chimique. Aussi manifeste-t-elle dans cet état une très-forte adhésion pour le gaz, et presqu'aucun pour le liquide qui le renferme.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1867.

Le 1er, éclairs au NE. de 8 $^1/_4$ à 9 h. du soir ; plus tard de 9 $^3/_4$ à 10 $^3/_4$ h. éclairs et tonnerres, l'orage passe du Sud au Nord et atteint sa plus grande intensité un peu après 10 h.

6, forte rosée le matin.

8 et 9, Id.

10, quelques coups de tonnerre au Nord entre 3 $^1/_2$ et 4 h. ; éclairs à l'O. dans la soirée.

11, faibles tonnerres au Nord de 2 $^1/_2$ à 3 $^1/_2$ h. ; couronne lunaire toute la soirée.

12, 13, 14, 15, rosée le matin ; dans la matinée du 13, 14, 15, hâle.

17, 18, 19, 20, hâle très-prononcé pendant toute la matinée.

21, éclairs au SE. dans la soirée.

22, belle couronne solaire de 5 $^3/_4$ à 6 $^1/_2$ h. du matin ; toute la soirée éclairs continuels à l'horizon SE.-SO. ; depuis 9 $^1/_2$ h. on entend le tonnerre au SO.

23, de 1 $^1/_2$ à 2 h. après-midi éclairs et tonnerres, l'orage suit la direction du SE. au N. De 1 h. 40 m. à 1 h. 55 m., violente averse, qui a donné 10 mm. dans un quart d'heure. Un second orage éclate à 4 h. 22 m., en suivant la direction Sud au Nord, éclairs et tonnerres jusqu'à 5 $^1/_2$ h.

24, de 3 $^3/_4$ à 4 h. 5 m. tonnerres du côté du Sud, l'orage passe du SE. à l'Ouest.

25, orage accompagné de quelques coups de tonnerre, qui passe du NO. au SE. de 5 à 5 h. 45 m., forte averse de 5 h. 10 m. à 5 h. 45 m., qui a donné 6 mm. 5 dans 35 minutes.

31, forte rosée le matin ; hâle très-prononcé jusqu'à 10 h.

Variations extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 et le 5 à 10 h. soir.....	729,27	Le 2 à 6 h. matin...	718,75
14 à 8 h. matin...	731,27	6 à 2 h. après-m..	726,12
19 à 8 h. matin...	732,36	15 à 6 h. soir.....	723,41
24 à 10 h. soir.....	728,54	22 à 4 h. soir.....	725,73
29 à 8 et 10 h. matin.	731,38	27 à midi.........	725,82
		31 à 6 h. soir.....	725,69

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	722,34	— 5,71	+15,43	—3,22	+ 9,7	+20,0	10,21	—0,54	785	+ 98	600	900	4,0	3	N. 1	0,98	18,1	— 0,4	222
2	719,54	— 8,51	+16,78	—1,83	+13,7	+21,4	11,94	+1,20	860	+172	690	980	3,1	4	N. 2	0,98	18,1	— 0,5	219
3	724,63	— 3,42	+16,53	—2,04	+11,9	+20,6	9,99	—0,75	735	+ 46	530	920	. . .	. .	N. 2	0,67	18,1	— 0,5	218
4	728,51	+ 0,46	+15,47	—3,06	+10,0	+21,7	10,11	—0,62	787	+ 97	550	900	1,7	3	variable	0,88	. . .	. . . .	214
5	728,66	+ 0,61	+15,80	—2,69	+12,7	+20,2	9,64	—1,08	749	+ 58	560	890	. . .	. .	N. 1	0,72	18,3	— 0,3	212
6	727,07	— 0,97	+16,66	—1,79	+ 8,5	+24,7	8,63	—2,08	639	— 53	380	940	. . .	. .	variable	0,57	18,5	— 0,2	210
7	727,26	— 0,77	+17,17	—1,23	+15,0	+21,4	7,54	—3,16	559	—134	400	770	. . .	. .	SSO. 1	0,79	18,4	— 0,3	208
8	728,06	+ 0,04	+18,74	+0,39	+11,0	+25,2	9,13	—1,56	597	— 98	400	770	. . .	. .	SO. 1	0,12	17,7	— 1,0	206
9	727,84	— 0,17	+20,40	+2,10	+10,5	+29,6	9,75	—0,93	577	—120	300	870	. . .	. .	SSO. 1	0,01	18,3	— 0,4	205
10	729,72	+ 1,72	+20,03	+1,79	+12,8	+26,4	11,73	+1,06	684	— 14	540	830	. . .	. .	N. 1	0,40	18,1	— 0,6	203
11	729,87	+ 1,88	+20,46	+2,28	+14,1	+27,7	12,41	+1,75	710	+ 10	420	870	. . .	. .	N. 1	0,49	. . .	. . . .	202
12	729,72	+ 1,74	+20,36	+2,24	+13,0	+26,8	12,21	+1,56	697	— 5	470	900	. . .	. .	N. 1	0,11	20,2	+ 1,5	201
13	730,27	+ 2,31	+21,15	+3,09	+13,8	+28,4	12,53	+1,90	686	— 18	440	880	. . .	. .	variable	0,08	20,2	+ 1,5	200
14	730,17	+ 2,23	+22,37	+4,38	+15,0	+29,0	13,03	+2,42	665	— 41	410	890	. . .	. .	N. 1	0,02	20,7	+ 2,0	200
15	725,38	— 2,54	+22,26	+4,34	+14,3	+29,6	10,35	—0,25	557	—151	290	840	. . .	. .	SSO. 2	0,51	21,8	+ 3,1	198
16	725,50	— 2,40	+19,68	+1,83	+16,5	+26,0	9,48	—1,10	595	—115	380	790	. . .	. .	SSO. 1	0,51	20,2	+ 1,5	200
17	729,47	+ 1,59	+18,37	+0,60	+10,9	+25,0	9,22	—1,34	614	— 98	360	860	. . .	. .	N. 1	0,07	19,4	+ 0,7	201
18	731,18	+ 3,32	+21,10	+3,41	+11,5	+30,7	10,66	+0,12	605	—109	300	860	. . .	. .	variable	0,00	. . .	. . . .	201
19	731,33	+ 3,49	+21,43	+3,82	+14,1	+26,4	12,40	+1,84	664	— 52	510	850	. . .	. .	N. 1	0,07	21,1	+ 2,4	201
20	729,57	+ 1,75	+24,38	+6,85	+15,6	+32,1	10,85	+0,35	515	—203	250	790	. . .	. .	S. 1	0,03	21,1	+ 2,5	200
21	728,22	+ 0,42	+22,73	+5,28	+17,0	+29,4	11,78	+1,30	603	—117	360	760	. . .	. .	N. 1	0,56	21,2	+ 2,6	200
22	727,22	— 0,55	+21,05	+3,69	+15,8	+27,0	12,57	+2,11	697	— 25	440	880	. . .	. .	N. 1	0,52	21,2	+ 2,6	200
23	726,98	— 0,77	+18,27	+1,00	+15,9	+26,1	12,94	+2,50	865	+140	480	980	29,8	7	variable	0,78	21,8	+ 3,2	200
24	728,08	+ 0,36	+18,29	+1,11	+16,0	+25,0	13,54	+3,13	894	+166	630	980	1,1	3	variable	0,93	20,6	+ 2,1	202
25	727,67	— 0,03	+18,97	+1,88	+16,0	+24,6	12,77	+2,38	810	+ 80	570	970	. .	. .	N. 1	0,71	. .	. . . .	203
26	727,33	— 0,34	+19,43	+2,44	+14,4	+25,9	13,23	+2,87	812	+ 79	500	950	6,7	1	variable	0,26	21,4	+ 2,9	203
27	726,63	— 1,02	+18,16	+1,27	+14,8	+25,0	12,19	+1,86	812	+ 77	480	960	2,8	2	SSO. 1	0,79	20,8	+ 2,4	203
28	730,00	+ 2,38	+14,10	—2,69	+12,8	+17,5	10,01	—0,29	861	+123	630	970	10,8	11	N. 2	0,99	18,9	+ 0,5	204
29	731,17	+ 3,58	+16,64	—0,05	+14,7	+19,0	10,34	+0,07	756	+ 15	620	910	. . .	. .	NNE. 2	0,84	19,4	+ 1,1	207
30	729,07	+ 1,51	+17,88	+1,29	+13,1	+22,8	11,69	+1,45	780	+ 37	560	900	. . .	. .	N. 1	0,26	19,6	+ 1,3	204
31	726,73	— 0,80	+18,91	+2,43	+12,3	+25,2	12,42	+2,21	780	+ 34	480	970	. . .	. .	N. 1	0,04	19,8	+ 1,6	204

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,42	726,62	726,55	726,36	726,06	725,89	725,95	726,46	726,85
2 «	729,77	729,93	729,85	729,38	728,74	728,23	728,15	728,85	729,29
3 «	728,41	728,55	728,50	728,01	727,65	727,35	727,56	728,06	728,44
Mois	728,21	728,37	728,31	727,92	727,49	727,16	727,23	727,80	728,20
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+13,07	+16,76	+19,10	+20,51	+21,68	+21,15	+20,61	+18,22	+16,20
2e «	+14,99	+20,53	+22,98	+25,17	+26,50	+26,73	+25,14	+22,04	+19,52
3e «	+15,23	+18,44	+20,44	+21,83	+21,83	+22,24	+20,39	+18,99	+17,62
Mois	+14,45	+18,57	+20,82	+22,48	+23,29	+23,34	+21,99	+19,72	+17,78
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	9,72	10,27	10,25	9,54	9,79	10,01	9,81	10,04	10,46
2e «	10,86	11,94	11,63	11,02	10,85	11,03	11,46	12,61	11,51
3e «	11,82	12,55	12,54	13,08	13,07	11,90	12,67	12,39	12,66
Mois	10,83	11,62	11,51	10,85	10,87	11,01	11,36	11,70	11,57
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	868	726	622	536	513	556	556	650	765
2e «	853	663	558	464	422	425	489	641	678
3e «	917	803	712	679	695	606	714	764	845
Mois	882	733	633	542	526	532	590	687	765

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,57	+23,12	0,61	18,18	8,8	211,7
2e «	+13,88	+28,17	0,19	20,59	0,0	200,4
3e «	+14,80	+24,32	0,61	20,47	51,2	202,7
Mois	+13,46	+25,17	0,47	19,56	60,0	204,9

Dans ce mois, l'air a été calme 4,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,25 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 30°,0 O., et son intensité est égale à 22,3 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1867.

Le 1er, brouillard depuis 6 h. du soir.
2, id. tout le jour.
3, id. le matin et depuis 6 h. du soir.
4, id. depuis midi. L'eau de pluie marquée est tombée de 11 h. 45 m. à 11 h. 55 m. du matin.
5, id. tout le jour.
6, id. à 8 h. du soir.
7, id. depuis 2 h. de l'après-midi.
16, id. à 10 h. matin et depuis 8 h. du soir.
21, vers les 2 h. de l'après-midi, un orage très-fort, pluie, grêle et tonnerres pendant 8 à 10 minutes.
22, à 1 h. 5 m. de l'après-midi, grêle pendant 1 minute.
23, brouillard depuis 2 h. du soir.
24, id. toute la journée.
25, id. le matin et le soir.
26, id. une grande partie de la journée.
28, dans la matinée, la neige a pris pied, ensuite il a plu toute la journée

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. soir....	568,01	Le 2 à 8 et 10 h. mat.	561,13
13 à 10 h. soir....	574,50	7 à 2 h. après-m.	565,70
19 à 10 h. matin...	575,13	16 à 6 h. matin...	566,64
26 à 10 h. soir....	569,60	24 à 6 h. matin...	568,00
29 à 10 h. soir....	571,37	28 à 6 h. matin...	566,33
		31 à 6 h. matin ..	569,99

SAINT-BERNARD. — AOUT 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	564,69	— 4,18	563,11	566,12	+ 6,23	+ 0,02	+ 3,4	+ 8,8	.....	.....	......	SO. 1	0,92
2	561,35	— 7,51	561,13	561,59	+ 4,13	— 2,07	+ 3,1	+ 7,6	.....	3,0	3	variable	0,98
3	564,15	— 4,71	561,43	566,20	+ 2,29	— 3,90	+ 1,3	+ 5,6	.....	....	.....	NE. 2	0,79
4	567,48	— 1,37	566,83	568,01	+ 3,70	— 2,48	+ 2,3	+ 5,6	.....	6,1	1	NE. 1	0,84
5	567,18	— 1,66	566,74	567,98	+ 1,76	— 4,40	+ 0,4	+ 5,4	.....	.....	......	NE. 1	0,98
6	567,30	— 1,53	567,19	567,63	+ 5,06	— 1,08	+ 1,8	+ 9,1	.....	.....	......	NE. 1	0,52
7	566,20	— 2,61	565,70	567,02	+ 3,66	— 2,46	+ 0,8	+ 8,4	.....	.....	......	NE. 1	0,78
8	568,23	— 0,56	566,50	569,53	+ 5,57	— 0,52	— 0,3	+ 8,9	.....	.....	......	NE. 1	0,06
9	570,62	+ 1,85	569,64	571,80	+ 9,54	+ 3,48	+ 6,4	+13,9	.....	.....	....	NE. 1	0,10
10	572,43	+ 3,68	572,08	572,84	+10,20	+ 4,17	+ 7,7	+13,5	.....	.....	......	NE. 1	0,43
11	572,19	+ 3,46	571,85	572,49	+ 9,09	+ 3,09	+ 6,3	+13,9	.....	.....	......	NE. 1	0,54
12	572,43	+ 3,72	571,88	573,29	+10,73	+ 4,77	+ 7,7	+14,7	.....	.....	......	NE. 1	0,67
13	573,57	+ 4,89	572,64	574,50	+11,27	+ 5,35	+ 7,6	+14,9	.....	.....	......	variable	0,23
14	573,90	+ 5,25	573,50	574,41	+12,77	+ 6,89	+ 8,7	+17,1	.....	.....	......	variable	0,11
15	569,34	+ 0,72	567,80	571,38	+ 9,48	+ 3,64	+ 8,2	+12,9	.....	.....	......	SO. 2	0,95
16	567,15	— 1,44	566,64	568,30	+ 5,16	— 0,63	+ 4,0	+ 6,9	.....	13,5	6	SO. 1	1,00
17	570,33	+ 1,77	568,71	572,16	+ 7,66	+ 2,02	+ 2,5	+12,0	.....	.....	......	NF. 1	0,14
18	573,59	+ 5,07	572,31	574,68	+10,28	+ 4,59	+ 6,4	+14,7	....	.....	......	variable	0,23
19	574,70	+ 6,22	574,18	575,13	+11,48	+ 5,84	+ 8,4	+15,1	.....	.....	......	SO. 1	0,03
20	573,18	+ 4,75	571,78	573,81	+11,55	+ 5,97	+ 8,1	+15,4	.....	.....	......	SO. 1	0,07
21	571,28	+ 2,89	570,71	572,00	+ 8,60	+ 3,08	+ 6,9	+12,7	.....	11,7	3	SO. 1	0,90
22	570,17	+ 1,82	569,98	570,54	+ 8,40	+ 2,94	+ 7,3	+13,0	.....	.....	......	SO. 1	0,89
23	569,25	+ 0,95	569,03	569,67	+ 6,28	+ 0,88	+ 6,2	+ 7,8	.....	11,9	4	SO. 1	0,88
24	568,73	+ 0,48	568,00	569,31	+ 5,90	+ 0,57	+ 5,7	+ 6,3	.....	.....	......	NE. 1	1,00
25	568,69	+ 0,49	568,51	569,00	+ 6,16	+ 0,89	+ 5,2	+ 8,7	.....	2,3	3	NE. 1	0,94
26	569,04	+ 0,89	568,85	569,60	+ 7,00	+ 1,80	+ 4,9	+10,2	.....	.....	......	NE. 1	0,82
27	567,92	— 0,18	567,41	568,67	+ 6,39	+ 1,26	+ 4,5	+10,7	.....	5,0	3	NE. 1	0,88
28	567,63	— 0,42	566,33	569,30	+ 0,56	— 4,49	0,0	+ 2,2	.....	13,0	12	NE. 1	1,00
29	570,65	+ 2,66	569,35	571,37	+ 7,07	+ 2,10	+ 2,0	+ 9,8	.....	.....	......	SO. 1	0,41
30	570,81	+ 2,88	570,63	571,04	+ 6,79	+ 1,90	+ 6,0	+ 9,5	.....	.....	......	SO. 1	0,60
31	570,30	+ 2,43	569,99	570,98	+ 6,89	+ 2,08	+ 6,0	+ 9,8	.....	.....	......	SO. 1	0,71

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	566,50	566,71	566,88	566,97	566,95	567,02	567,08	567,40	567,54
2e "	571,74	572,10	572,18	572,09	571,96	571,90	571,97	572,31	572,44
3e "	569,28	569,52	569,60	569,53	569,45	569,42	569,40	569,76	569,88
Mois	569,17	569,44	569,56	569,53	569,46	569,45	569,48	569,82	569,95
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 3,40	+ 5,50	+ 7,00	+ 8,06	+ 7,97	+ 6,96	+ 5,65	+ 4,80	+ 3,87
2e "	+ 7,18	+ 8,93	+11,33	+13,04	+13,56	+12,31	+10,93	+ 9,58	+ 8,94
3e "	+ 5,35	+ 7,02	+ 8,15	+ 8,54	+ 7,73	+ 7,48	+ 7,02	+ 6,30	+ 6,01
Mois	+ 5,31	+ 7,15	+ 8,80	+ 9,84	+ 9,69	+ 8,87	+ 7,84	+ 6,87	+ 6,26

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 2,69	+ 8,68	0,64	9,1	—
2e "	+ 6,79	+13,76	0,40	13,5	—
3e "	+ 4,97	+ 9,15	0,82	43,9	—
Mois	+ 4,82	+10,49	0,63	66,5	—

Dans ce mois, l'air a été calme 20 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 14,0 sur 100.

* Voir la note du tableau.

NOTICE

SUR LES

CALCAIRES DE LA PORTE DE FRANCE

ET

SUR QUELQUES GISEMENTS VOISINS

PAR

F.-J. PICTET
Professeur à l'Académie de Genève.

Cette notice[1] contient une première application des faits généraux que j'ai exposés dans les *Archives*[2] sous le titre de : *Nouveaux documents sur les limites de la période jurassique et de la période crétacée.* Je renvoie le lecteur à cet article en me bornant à rappeler que les calcaires de la Porte de France ont été l'origine de toutes ces discussions, mais que j'ai dû ajourner ce qui les concerne plus spécialement jusqu'au moment où nous pourrions, par des monographies préparatoires, établir un certain nombre de faits essentiels.

Ce moment est venu, et il est possible maintenant de préciser un peu mieux leur histoire paléontologique, ainsi que celle des calcaires d'Aizy et de Lémenc. Ainsi que je le montrerai plus loin, il reste encore quelques lacunes dans les résultats et dans les comparaisons; mais il m'a paru utile de constater dès aujourd'hui les pas qu'a faits cettte question difficile.

[1] Cette notice est extraite d'un travail plus considérable qui forme la 4me livraison des *Mélanges paléontologiques*.

[2] *Bibliothèque Universelle* (*Archives*), tome XXIX, juin 1867.

Le problème principal consiste à déterminer et circonscrire les faunes qui se sont succédé depuis les calcaires jurassiques de la Porte de France jusqu'aux marnes néocomiennes à *Belemnites latus*, puis à comparer ces faunes avec celles qui peuvent être considérées comme leurs contemporaines, et enfin à chercher par quel point doit passer la ligne qui, dans cette série, sépare la période jurassique de la période crétacée.

Je prends pour base les excellents travaux de M. Lory pour les environs de Grenoble, et de M. Pillet pour ceux de Chambéry. Les dernières communications que j'ai reçues du savant professeur de Grenoble m'ont permis d'ajouter quelques détails à la coupe qu'il avait donnée dans le *Bulletin de la Société géologique*[1], et nous sommes, je le crois, pleinement d'accord ensemble. J'ai résumé la coupe de nos trois localités dans un tableau inséré à la fin de ce mémoire. Ce qui va suivre fournira tous les documents nécessaires pour le bien comprendre.

On verra qu'en combinant cette coupe avec l'étude détaillée des fossiles, j'ai été amené dans certaines limites à admettre des faunes plus nombreuses et plus tranchées qu'on ne l'avait fait en général.

Prenons d'abord les couches inférieures. La coupe commence aux environs de Grenoble par une grande épaisseur de calcaires compactes désignés par M. Lory comme étant les *calcaires de la Porte de France à fossiles oxfordiens*. Je les ai inscrits sous le n° 1. L'étude des fossiles ne peut laisser aucun doute ; ces dépôts appartiennent à la période jurassique.

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 2me série, tome XXIII, p. 516, séance du 23 avril 1866.

On ne peut pas en séparer un banc situé au-dessus d'eux, qui est caractérisé par de grands aptychus jurassiques.

Immédiatement après on commence à trouver la *Terebratula janitor* [1], d'abord peu abondante et associée à des ammonites d'apparence néocomienne et, dans tous les cas, différentes de celles de la couche n° 1 (*Amm. semisulcatus, subfimbriatus*). Cette *Ter. janitor* devient beaucoup plus fréquente dans un gros banc situé immédiatement au-dessus. Je réunis sous le n° 2 ce banc et la couche qu'il recouvre.

Les faits paléontologiques que je viens de faire entrevoir suffisent dès à présent pour montrer que le n° 1 et le n° 2 renferment des faunes très-différentes l'une de l'autre et pour justifier la ligne A que j'ai tracée dans la coupe. M. Lory, qui avait été d'abord porté à considérer tout cet ensemble comme indivisible, accepte maintenant cette ligne de séparation, et en a indiqué lui-même la place probable . Le nom de calcaire de la Porte de France, donné à l'ensemle des n°s 1 et 2, devra rester au n° 1, qui est le plus puissant, le plus riche en fossiles et le plus anciennement connu. Il conviendra seulement d'ajouter le mot *inférieur*.

Nous nous mettrons facilement d'accord sous ce point de vue avec M. Hébert, pourvu qu'il soit bien entendu que dans les couches qu'il veut rapporter à l'époque néocomienne, il ne comprend que celles qui sont supérieures à notre ligne A [2]. M. Hébert admet avec nous que les cal-

[1] Je substitue le nom de *Terebratula janitor*, Pict., à celui de *T. diphya* par des motifs que j'ai donnés dans ma Monographie des térébratules du groupe de la *T. diphya*.

[2] Ce mot de *calcaire de la Porte de France* a été la cause d'un malentendu. La plupart des géologues, habitués à regarder ce calcaire

caires *inférieurs* de la Porte de France sont oxfordiens, et nous reconnaissons avec lui que les calcaires à *T. janitor* sont plus récents, c'est-à-dire que dès l'instant où apparaît la térébratule perforée, la faune change et l'on trouve des ammonites néocomiennes, fait qui, comme je l'ai déjà fait remarquer, constitue une importante découverte.

Il restera à savoir quelle est la valeur réelle de cette ligne A et si elle correspond à une limite absolue des deux formations qu'elle sépare. Sa nécessité me paraît démontrée par les faits paléontologiques ; il y a évidemment là un changement de faune important et subit. La place que M. Lory et moi nous lui assignons me paraît également la seule possible. Mais c'est aux géologues locaux qu'il appartient de décider si aucune espèce ne la franchit. J'ai à cet égard quelques doutes auxquels je ne veux cependant pas donner trop d'importance en attendant que l'étude géologique ait été complétée et perfectionnée. Parmi ces motifs de doute, je puis citer : 1° un exemplaire d'*Ammonites tenuilobatus*, qui est indiqué dans la collection de M. Lory comme étant du calcaire à *T. janitor*, et 2° le fait cité par M. Lory que les grands aptychus se retrouvent avec la même térébratule. Ces passages n'ont rien pour moi qui m'étonne ; mais ils peuvent déranger

comme ne formant qu'un seul étage et comme oxfordien, ont été étonnés lorsqu'il a semblé résulter des travaux de M. Hébert la nécessité de le transporter dans la formation néocomienne. La ligne A satisfera les uns et les autres, et la séparation de ce calcaire en deux séries est la clef de la solution. On fera bien dorénavant de désigner sous le nom de calcaire *inférieur* de la Porte de France tout ce qui est au-dessous de la ligne A, ce qui représente la partie la plus considérable de ce calcaire et celle qui a la distribution géographique la plus étendue. On désignera sous le nom de calcaire à *Terebratula janitor* de la Porte de France ce qui est au-dessus de cette ligne A.

quelques doctrines, et on ne doit ni les admettre ni les nier avant que des travaux détaillés aient fourni des motifs suffisants. Certes, la Porte de France a été parfaitement bien étudiée, mais dans un temps où l'on croyait à l'unité de la formation. Il ne me paraît pas d'ailleurs impossible que l'on puisse trouver les documents nécessaires dans une autre localité placée sur le prolongement de cette formation. Il faut revoir la coupe de ces calcaires au point de vue de la ligne A. J'ai dit plus haut que le résultat de nos travaux présente encore quelques lacunes: celle-ci en est une.

Si de Grenoble nous passons à Aizy et aux environs de Chambéry, nous retrouvons notre n° 1 parfaitement caractérisé et par les mêmes espèces. Le calcaire inférieur de Lémenc est incontestablement le même que celui de la Porte de France.

En associant ces divers gisements, on peut reconstruire une faune assez nombreuse. Les espèces que j'ai eues entre les mains sont les suivantes:

Ammonites oculatus, Bean.
» *Fialar*, Oppel.
» *Frotho*, Oppel.
» *tenuilobatus*, Oppel.
» *canaliculatus*, Munst.
» *iphicerus*, Oppel.
» *subfascicularis*, d'Orb.
» *plicatilis*, Sow.
» *virgulatus*, Quenst.
Nerita jurensis, Quenst.
Isoarca texata, Goldf.
Hinnites velatus (Goldf.) d'Orb.
Terebratula bisuffarcinata, Schloth.
Rhynchonella arolica, Oppel.
Aptychus latus, Voltz.
» *imbricatus*, H. de Meyer.
Collyrites carinata, Desmoulins.

Il faut, suivant M. Lory, ajouter: *Belemnites hastatus*, et *Ammonites tortisulcatus*.

Il y a aussi un *Holectypus* que M. Cotteau a déclaré ne pas pouvoir être déterminé avec quelque sécurité.

Cet ensemble ne peut laisser aucun doute sur le caractère jurassique de la faune. Il fournira les moyens de la comparer avec celles qui sont connues et d'établir son parallélisme. Je n'entrerai pas à cet égard dans des détails, je me bornerai à faire remarquer qu'elle a des rapports évidents et nombreux.

1° Avec la faune que les géologues du bassin anglo-français ont jusqu'à présent rapportée à l'*oxfordien supérieur*.

2° Avec celle des couches de Birmensdorf des géologues suisses.

3° Avec celle du Jura blanc γ de Quenstedt, quoique quelques espèces semblent exister déjà dans le Jura blanc β.

4° Avec celle de la *Malmformation* des géologues allemands. Il faut toutefois observer que les espèces ne sont pas réparties tout à fait de la même manière entre les subdivisions. Un petit nombre appartient à la zone de l'*Ammonites bimammatus,* quelques-unes à celle de l'*Am. transversarius,* et d'autres à celle de l'*Am. tenuilobatus.*

On sait d'ailleurs que les géologues allemands et français sont loin d'être d'accord sur le parallélisme de ces couches,

---

Reprenons maintenant les couches qui sont au-dessus de la ligne A. J'ai déjà dit que le n° 2 est caractérisé par la présence de la *Terebratula janitor,* par celle de diverses espèces d'ammonites qui manquent à la couche n° 1, et par l'extinction des espèces de cette dernière assise. Dans la partie inférieure, les térébratules sont

encore rares et les ammonites dominent. Au-dessus se trouve un gros banc où les térébratules deviennent très-abondantes.

Ces deux bancs, qui constituent le n° 2, n'ont pas été retrouvés avec les mêmes caractères à Aizy ni à Lémenc. On sait seulement qu'une *Terebratula janitor* a été recueillie à Lémenc, mais dans un gisement imparfaitement précisé.

Les couches du n° 2 passent insensiblement à l'état de bancs plus clairs (gris), à pâte fine, même lithographique, où la *Terebratula janitor* continue, mais beaucoup moins abondante.

Au-dessus, une couche peu épaisse a fourni le *Metaporhinus transversus.*

Dans la coupe de Grenoble, nous réunissons ces bancs à pâte fine et cette dernière couche sous le n° 3. On ne les retrouve pas sous cette forme à Aizy et à Lémenc. Mais ils sont remplacés à un niveau un peu plus élevé par un autre calcaire clair, lithographique, plus riche en ammonites, que nous réunissons au n° 3. Ce calcaire d'Aizy a fourni une bonne partie des ammonites qui ont servi de base au travail de M. Hébert.

Les calcaires lithographiques d'Aizy et de Lémenc présentent dans leur partie supérieure une ou plusieurs couches de structure bréchiforme, qui sont remplies de fossiles souvent brisés, souvent aussi reconnaissables. J'en ai fait le n° 4. Les fragments d'ammonites sont ordinairement des mêmes espèces que celles du n° 3, c'est-à-dire néocomiennes, tandis que les Echinodermes et une partie des Brachiopodes ont en majorité des caractères jurassiques. D'un autre côté, il paraît impossible de séparer le n° 4 du n° 3. Au point de vue stratigraphique, le n° 4

est quelquefois intercalé entre deux couches de n° 3, et au point de vue paléontologique, les fragments d'ammonites du n° 3 qui sont dans la brèche n° 4 sont complétement mêlés avec les échinodermes coralliens.

Je suis d'accord avec M. Lory pour considérer les n°s 2, 3 et 4 comme constituant une seule et même formation. Nous devons ici en étudier la faune, qui, comme on le verra, soulève les questions les plus difficiles de toutes celles que j'ai eues à résoudre.

Pour ne rien préjuger, laissons d'abord de côté le n° 4 et occupons-nous seulement des n°s 2 et 3. Les fossiles qui s'y rapportent et que j'ai pu observer et décrire sont les suivantes :

1° La *Terebratula janitor*, Pict., abondante dans l'origine, puis tendant à devenir plus rare. Elle est accompagnée d'une autre espèce très-voisine de la *Moutoniana*, mais un peu plus large.

2° Les huit ammonites suivantes :

Ammonites Chaperi, Pictet.	*Ammonites Calisto*, d'Orb.
» *subfimbriatus*, d'Orb.	» *transitorius*, Oppel.
» *semisulcatus*, d'Orb.	» *privasensis*, Pictet.
» *Calypso*, d'Orb.	» *Dalmasi*, Pictet.

3° Le *Belemnites latus* ou une espèce voisine.

4° Le *Metaporhinus transversus*, d'Orb., Cotteau.

De ces ammonites, la première, *A. Chaperi*, est une espèce nouvelle et ne prouve par conséquent rien.

Plusieurs des autres sont caractéristiques de l'étage néocomien.

M. Hébert en ajoute quelques-unes sur lesquelles j'ai des doutes, mais comme elles ont la même signification géologique, il importe peu de nous en occuper ici, et je

renvoie leur discussion au Mémoire détaillé que je publie dans les *Mélanges paléontologiques.*

Si nous n'avions à raisonner que sur ces faits et si nous n'avions qu'à comparer nos n°s 2 et 3 avec les régions voisines, nous n'hésiterions pas à conclure que ces couches appartiennent à la formation néocomienne.

Mais les faits qui nous restent à discuter compliquent la question, ainsi que je vais le montrer.

J'ai dit plus haut que dans la partie supérieure des calcaires lithographiques on trouve une ou plusieurs couches de structure bréchiforme, qui constituent notre n° 4. Ces couches présentent un singulier mélange de fossiles coralliens et de fossiles néocomiens, et constituent la principale des difficultés devant lesquelles nous nous trouvons. M. Hébert lui-même, auquel toutes ces questions apparaissent bien plus simples qu'à moi, l'avoue en disant : « Quoi qu'il en soit, il y a là une difficulté à lever. »

Les fossiles de ces brèches sont souvent fragmentés et difficiles à déterminer ; quelquefois aussi ils sont très-bons. Les divers groupes zoologiques ne se sont point comporté d'une manière équivalente : les uns sont représentés presque exclusivement par des formes jurassiques et d'autres par des formes néocomiennes.

Voici les espèces que j'ai pu constater avec quelque sécurité.

A. Bélemnites. Ces fossiles sont rares et je n'ai pu trouver que trois espèces connues, le *B. latus*, le *B. minaret* et le *B. Orbignyanus* (néocomiennes).

La petite bélemnite carrée n'est, suivant moi, ni le

B. Coquandus (oxfordien), ni le *B. polygonalis* (néocomien). C'est une espèce nouvelle.

Une seconde espèce paraît également inédite.

B. AMMONITES. On ne trouve que des fragments : mais quelques-uns sont suffisants pour prouver l'existence de l'*A. privasensis*, espèce néocomienne. L'*A. Calisto*, d'Orb., paraît égalemeut y être représentée.

C. GASTÉROPODES et ACÉPHALES. Peu importants. Je les discuterai dans le mémoire détaillé.

D. BRACHIOPODES. Deux espèces réputées coralliennes : *Terebratulina substriata* et *Megerlia pectunculoides*, excellents échantillons sur lesquels l'erreur n'est presque pas possible.

Une espèce néocomienne : *Terebratula Euthymi*, Pict., de Berrias.

E. ECHINODERMES. M. Cotteau, avec l'aide de M. de Loriol, a bien voulu se charger de leur étude. La majorité des espèces, ou plutôt leur presque totalité, appartient au terrain corallien.

Les espèces sur lesquelles le doute paraît impossible sont les suivantes :

Cidaris Blumenbachii.
» *glandifera.*
Acropeltis æquituberculata.

On peut y ajouter avec une grande probabilité :

Rhabdocidaris cylindrica (baguette).

Ces espèces sont caractéristiques de l'étage corallien, et les documents qu'elles fournissent sont plus ou moins corroborés.

1° Par un *Glypticus*, genre corallien, mais appartenant

à une espèce nouvelle, et par conséquent ne fournissant pas une preuve directe. (Il a été cité sous le nom de *G. hieroglyphicus*, auquel il n'a pas droit.)

2° Par des *Eugeniacrinus* d'espèces un peu douteuses, mais vraisemblablement jurassiques comme leurs congénères.

Eugeniacrinus caryophyllatus ?
» *cingulatus ?*
» *compressus ?*
» *nutans ?*

Un document inverse est fourni par une espèce nouvelle de *Peltastes*, genre connu jusqu'à présent comme exclusivement crétacé.

Ainsi donc, voici une série de fossiles coralliens mélangés avec des néocomiens ou placés au-dessus d'eux. Que faut-il penser de cette déviation apparente des règles ordinaires ?

Si ce fait était complétement isolé, je serais peut-être disposé à y voir quelqu'un de ces accidents que l'on réussit à expliquer par des contournements de couches, et à dire avec M. Hébert : « Les géologues qui ont su nous expliquer *Petit-Cœur*, sauront sans aucun doute déchiffrer cette nouvelle énigme stratigraphique. » Mais il y a peut-être ici quelque chose de plus profond, et j'essaierai en quelques mots de montrer pourquoi le problème me paraît mériter d'être mis à l'étude par les procédés paléontologiques.

Je pourrais invoquer en premier lieu les travaux de MM. Lory et Pillet, car la confiance que doivent inspirer ces deux observateurs est déjà une forte présomption qu'ils ont vu juste lorsqu'ils disent que la série des calcaires et des brèches forme un tout continu et sans lacunes.

Je ferai remarquer en second lieu que les fragments de brèche renferment des fossiles coralliens et néocomiens associés, les uns à côté des autres, et qu'il faut par conséquent exclure toute idée que le mélange provienne de couches redressées et renversées.

J'attirerai aussi l'attention sur la conservation assez parfaite des Echinodermes délicats et des Brachiopodes fragiles, qui appartiennent au terrain corallien. Ils doivent avoir vécu sur place ou bien près de là. S'il y a eu transport, il doit surtout avoir porté sur les fossiles néocomiens, qui sont plus souvent fracturés (quoique sans indice qu'ils aient été roulés).

Admettant donc la *probabilité* que les faunes ont été en réalité composées comme les fossiles semblent le démontrer, nous ne pouvons espérer une explication qu'en appliquant la méthode de comparaison usuelle en paléontologie. Il nous faut chercher d'autres contrées dans lesquelles des faunes analogues se soient succédé, afin de savoir si la distribution des fossiles a toujours été la même ou si celle que nous avons à étudier n'est qu'une exception. Des faits bien observés nous permettront alors de reconnaître quelle est la règle, et un ordre nouveau succédera probablement à un désordre apparent.

Mais les contrées où nous pouvons nous attendre à trouver une succession analogue de fossiles sont rares. Il faut, en particulier, exclure complétement le bassin anglo-français, où la fin de la période jurassique et le commencement de la période crétacée ont des caractères singulièrement différents de ceux que nous trouvons ici. Nous rencontrerions plus d'analogies dans les pays où le néocomien se présente avec son facies alpin: mais les

coupes riches en fossiles des couches qui ont précédé ce néocomien alpin nous font défaut, ou du moins ne sont pas encore suffisantes.

Suivant moi, de toutes les faunes connues, celle qui a le plus de rapports dans les faits paléontologiques avec celles de l'Isère et de Chambéry est la riche et abondante population contenue dans le calcaire de Stramberg[1]. Les caractères communs sont frappants. La *Terebratula janitor* est un des premiers qui nous ait mis sur la voie. Les autres *Brachiopodes* sont en grande partie les mêmes (*Terebratulina substriata, Megerlia pectunculoides, Terebratula Euthymi*, etc.). J'ai eu occasion ce printemps de visiter en détail, avec M. Zittel, la riche et admirable collection de feu Hohenegger, conservée dans le musée de Munich, et j'ai pu me convaincre que la plupart de nos espèces d'Aizy et de Lémenc s'y retrouvent avec des caractères identiques (*Amm. semisulcatus, subfimbriatus, transitorius, Callisto, privasensis*, etc.) Il faudrait fermer les yeux à l'évidence pour méconnaître les rapports qui lient cette faune de Stramberg avec nos n°s 2 à 4.

Si la faune de Stramberg était tout entière et suffisamment connue, je n'ai aucun doute que son histoire n'éclairât d'une vive lumière celle de nos couches et celle des modifications de l'organisme au contact des périodes jurassique et crétacée.

[1] C'est à dessein que je ne me sers pas ici du mot *tithonique*. Cet étage, entrevu par notre savant et regretté ami Oppel, ne peut pas être conservé dans l'état où il est. Je suis porté à croire qu'Oppel l'a très-bien défini dans son esprit et à admettre qu'il a eu à cet égard une vue juste au fond. Mais la mort l'a empêché de la faire comprendre, et tel qu'il nous a été transmis il ne correspond pas à un étage, mais à une série d'étages distincts, dont le calcaire de Stramberg fait partie. J'ai préféré, pour ma comparaison, ne raisonner que sur cette dernière formation qui est très-bien circonscrite.

On ne peut pas y suppléer par l'étude des couches d'Aizy. Nous ne pourrions pas tirer une lumière suffisante des rares fossiles que j'ai cités ou décrits dans ce travail ; ils ne peuvent pas servir à reconstituer toute la faune, et il faut dans ce cas, comme dans les cas analogues, que l'étude en soit faite là où elle est riche et normale.

Je reconnais qu'une partie de la faune de Stramberg est très-bien connue aujourd'hui ; en particulier MM. Zeuschner et Suess ont décrit les Brachiopodes, et MM. Peters et Zeuschner les Nérinées, M. Reuss les Prosoponides, etc. En outre, M. Hohenegger a donné une liste de ces fossiles. Mais il y a encore une foule d'espèces inédites ou nommées sans description, ainsi que j'ai pu m'en convaincre au musée de Munich. Il semble résulter de ce que l'on connaît aujourd'hui, que cette faune a à la fois certains caractères jurassiques et certains caractères crétacés. mais ce serait manquer à toutes les règles de la prudence que de vouloir anticiper sur le moment où les faits seront suffisamment établis [1].

C'est ici la seconde des lacunes que j'ai annoncées. Je crois donc être dans le vrai en ajournant la solution de ce point difficile à une époque j'espère peu éloignée. Bornons-nous pour le moment à constater que les calcaires d'Aizy, les calcaires à *Terebratula janitor* et les brèches, sont l'équivalent du calcaire de Stramberg. La place relative de ce terrain est suffisamment connue. L'a-

[1] Je me crois en droit d'annoncer ici que M. Zittel s'est chargé de cette tâche intéressante et qu'il nous a promis de s'en occuper promptement. C'est un des travaux les plus désirables qui puissent s'exécuter aujourd'hui.

venir nous apprendra s'il est le dernier terme de la série jurassique, ou le premier de la série crétacée, ou s'il peut être subdivisé.

Notre n° 5 ne soulève point des questions aussi épineuses que celles que je viens de traiter. Nous aurons seulement à nous demander si on peut tracer à sa base une ligne B qui le séparerait des formations précédentes.

Ce n° 5 est constitué, comme nous l'avons dit, par environ cinq cents mètres de calcaires argilo-bitumineux qui correspondent exactement à l'assise du ciment hydraulique de la Porte de France.

Ces calcaires renferment les fossiles suivantes :

1° Quelques espèces qui passent du n° 3 au n° 5. Ce sont :

Ammonites subfimbriatus.	*Ammonites transitorius.*
» *semisulcatus.*	» *Calisto.*
» *privasensis.*	

2° Un nombre un peu plus considérable d'espèces qui apparaissent pour la première fois.

Ammonites berriasensis, Pict.	*Ammonites rarefurcatus*, Pict.
» *Euthymi*, Pict.	» *Astierianus*, d'Orb.
» *occitanicus*, Pict.	» *Malbosi*, Pict.
» *Boissieri*, Pict.	

Toutes les espèces de cette dernière catégorie et les trois premières de l'autre se retrouvent à Berrias, c'est-à-dire que sur douze espèces, dix sont communes à ces deux gisements.

La conclusion en est évidente. Notre n° 5 est de formation néocomienne et correspond exactement au calcaire de Berrias.

Quant au second point : Doit-on, dans notre coupe, considérer la ligne B comme ayant une importance réelle : il y a du pour et du contre. Il y a trop d'espèces communes entre le n° 3 et le n° 5 pour qu'on puisse considérer ces deux formations comme deux étages bien tranchés et sans liaison entre eux. D'un autre côté, il est impossible de ne pas tenir compte de l'apparition de toutes ces espèces nouvelles qui manquent au n° 4. C'est, à mon avis, une ligne de séparation analogue à celle qui sépare le néocomien proprement dit de l'urgonien, celui-ci de l'aptien, etc. Il sera prudent d'ajourner cette question jusqu'au moment où on aura fixé avec précision la valeur paléontologique du mot calcaire de Stramberg et qu'on connaîtra plus complétement les relations de ce calcaire avec celui de Berrias.

En résumant les points qui paraissent acquis et ceux dont la solution doit être préparée par de nouveaux travaux, nous pouvons poser les conclusions suivantes :

I. Le calcaire de la Porte de France est composé de deux formations distinctes. La partie inférieure, qui est la plus considérable, renferme une faune incontestablement jurassique.

II. A partir de l'apparition de la *Terebratula janitor*, la partie supérieure de ce calcaire et les calcaires lithographiques superposés renferment une faune qui a les caractères de celle du calcaire de Stramberg et constitue certainement son équivalent.

III. La brèche corallienne comprise dans la partie supé-

rieure de ces calcaires lithographiques ou placée en recouvrement sur eux, fait partie intégrante de la même formation.

IV. Les calcaires à ciment renferment une faune équivalente à celle de Berrias.

V. Les limites de la période jurassique et de la période crétacée dans cette région ne pourront être fixées avec sécurité que quand on connaîtra mieux la faune de Stramberg.

Dans le tableau ci-joint, la ligne de limites ne peut être ni au-dessous de la ligne A, ni au-dessus de la ligne B. Il est probable qu'elle se rapproche davantage de la première, et très-possible qu'elle coïncide tout à fait avec elle.

TABLEAU.

	Environs de Grenoble.	Environs d'Aizy.	Environs de Chambéry.
Nº 6. Marnes néocomiennes à *Belemnites latus*	Marnes néocomiennes à *B. latus.*	Marnes néocomiennes à *B. latus.*	Marnes néocomiennes à *B. latus.*
Nº 5. Calcaire néocomien de Berrias. *Ligne* B.	Assise à ciment hydraulique.		Calcaire argilo-bitumineux. Puissance 500 mètres. *Ligne* B.
Nº 4. Brèche corallienne.		Brèche corallienne avec Ammonites du nº 3.	Brèche corallienne.
Nº 3. Calcaire lithographique.		Calcaire lithographique.	Calcaire lithographique.
	Couche à *Collyrites transversus.*		
	Couche grise contenant encore *Terebr. janitor.*		Une *T. janitor* a été trouvée dans un gisement imparfaitement déterminé.
Nº 2. Calcaire à *Terebratula janitor.*	Gros banc noir à *Terebr. janitor.*		
Ligne A.	Banc noir à *T. janitor* rares, Ammonites néocomiennes.		*Ligne* A.
Nº 1. Calcaire inférieur de la Porte de France.	Banc à grands *Aptychus* jurassiques. Grande épaisseur de calcaires compactes avec fossiles jurassiq.	Couches inférieure et moyenne de l'oxfordien. (Lory.)	Calcaire inférieur de Lémenc.

NOTICE

SUR

MICHEL FARADAY

SA VIE ET SES TRAVAUX

PAR

M. le Professeur A. de la RIVE.

La science vient de perdre un de ses plus éminents et de ses plus fidèles représentants. Faraday est mort le dimanche 25 août 1867 à Hampton-Court ; il était né le 24 septembre 1791 à Newington-butts, près de Londres. Il entra, en 1804, à l'âge de treize ans en apprentissage dans un atelier de relieur où il resta huit ans. Tant de livres lui passaient entre les mains qu'il ne put résister à la tentation d'en ouvrir et d'en lire quelques-uns. Ces lectures, qu'il faisait le soir après avoir terminé l'ouvrage de chaque jour, lui donnèrent le goût de l'étude et en particulier celui des sciences. Ce fut d'abord l'Encyclopédie britannique qui l'initia à quelques notions sur l'électricité ; ce fut ensuite dans les ouvrages de Mme Marcet qu'il puisa ses premières connaissances sur la chimie. La direction de ses travaux se ressentit toujours de ce début, car ils eurent essentiellement pour objet la chimie et l'électricité.

« Ne croyez pas, » me dit-il dans une lettre[1] du 2 oc-

[1] Cette lettre me fut adressée à l'occasion de la mort de Madame Marcet et de la notice biographique que j'allais publier sur cette femme distinguée. (*Bibl. Univ.*, nouvelle série, 1858, tome III.)

tobre 1858 où il me donne ces détails, « que je fusse un « profond penseur, ni un enfant précoce; j'avais simple- « ment beaucoup de vie et d'imagination, et les contes des « Mille et une Nuits me plaisaient autant que l'Encyclopé- « die britannique. Mais, ce qui me sauva, c'est l'impor- « tance que j'attachai de bonne heure aux faits. En lisant « le livre sur la chimie de Mme Marcet, j'avais soin de con- « stater chaque assertion par les petites expériences que « je faisais autant que mes moyens me le permettaient, et « la jouissance que j'éprouvais à vérifier ainsi l'exacti- « tude des faits contribua essentiellement à me donner le « goût des connaissances chimiques. Vous pouvez donc « facilement vous imaginer la joie que j'éprouvai à faire, « plus tard, la connaissance personnelle de Mme Marcet et « combien j'aimais, quand mes pensées se reportaient en « arrière, contempler à la fois en elle le passe et le pré- « sent. Toutes les fois que je lui offrais un exemplaire de « mes mémoires, j'avais soin d'ajouter que je le lui en- « voyais comme un témoignage de ma reconnaissance « pour ma première institutrice.

« J'ai les mêmes sentiments pour la mémoire de votre « propre père, ajoute Faraday, car il fut, je puis le dire, « le *premier* qui m'encouragea et me soutint, d'abord à « Genève quand j'eus le plaisir de l'y voir, puis ensuite « par la correspondance que je soutins régulièrement avec « lui. »

Faraday fait allusion ici à un voyage dans lequel il accompagna, en 1814, Davy à Genève, et où, pendant un séjour qu'il fit avec son illustre maître chez mon père, celui-ci discerna bien vite les mérites du jeune préparateur et noua avec lui des relations qui ne furent interrompues que par la mort. Faraday était, à l'époque où

il voyageait avec Davy, son préparateur à l'Institution royale de Londres, et je dois dire qu'il m'a plus d'une fois exprimé, soit par lettre, soit de vive voix, sa reconnaissance pour le chimiste éminent qui l'avait admis à un de ses cours et avait consenti, après avoir parcouru les notes que le jeune élève avait rédigées sur ce cours, à le prendre pour son aide.

A partir du voyage dont je viens de parler, Faraday, sauf de rares et courtes absences, ne quitta plus l'Institution royale où il avait son laboratoire et son logement. Marié à une personne digne de lui et qui partageait et comprenait toutes ses impressions et tous ses sentiments, il eut une vie aussi paisible que modeste. Il refusa toutes les distinctions honorifiques que le gouvernement de son pays voulut lui décerner; il se contenta d'un traitement modique et d'une pension de 300 livres sterling qui suffisaient strictement à ses besoins et n'y accepta d'autre supplément que la jouissance, dans les dernières années de sa vie, pendant l'été, d'une maison de campagne à Hampton-Court, que la reine d'Angleterre avait gracieusement mise à sa disposition.

Sans enfants, complétement étranger à la politique et à toute espèce d'administration, sauf à celle de l'Institution royale qu'il dirigeait comme il aurait dirigé sa propre maison, n'ayant d'autre intérêt que celui de la science, d'autre ambition que celle de la faire avancer, Faraday fut le savant le plus complétement et le plus exclusivement dévoué à la recherche de la vérité scientifique, dont le siècle actuel nous offre l'exemple.

On comprend tout ce que dut produire, dans de semblables conditions, une vie consacrée ainsi toute à la science, quand à une intelligence forte et sévère se trouve

unie la plus brillante imagination. Chaque matin Faraday arrivait dans son laboratoire, comme le négociant va à son bureau, et là il venait demander à l'expérience la vérification des idées qu'il avait conçues la veille, prêt à y renoncer si l'expérience disait *non*, comme prêt à en suivre les conséquences avec une logique rigoureuse si l'expérience répondait *oui*. Son travail de chaque jour n'éprouvait d'autre interruption que les quelques heures qu'il consacrait de temps à autre à exposer dans l'amphithéâtre de l'Institution royale, devant un auditoire aussi nombreux que choisi, quelques parties de la physique ou de la chimie. Rien ne peut donner l'idée du charme qu'il apportait à ces leçons improvisées, dans lesquelles il savait combiner une diction animée et souvent éloquente, avec un choix et un art dans les expériences qui ajoutaient à la clarté et à l'élégance de son exposition. Il exerçait sur ses auditeurs une véritable fascination; et quand, après les avoir initiés aux mystères de la science, il terminait sa leçon, comme il avait l'habitude de le faire, en s'élevant dans des régions situées bien au-dessus de la matière, de l'espace et du temps, l'émotion qu'il éprouvait ne tardait pas à se communiquer à ceux qui l'écoutaient, et l'enthousiasme n'avait plus de bornes.

Faraday était, en effet, foncièrement religieux, et ce serait faire une esquisse bien imparfaite de sa vie que de ne pas insister sur ce trait particulier qui le caractérisait.

Ses convictions chrétiennes occupaient une grande place dans tout son être, et il en montrait la puissance et la sincérité par la conformité de sa vie avec ses principes. Ce n'était pas dans les arguments tirés de la science qu'il allait chercher les preuves de sa foi, il les trouvait dans ces vérités révélées auxquelles il reconnaissait que l'esprit

humain ne peut parvenir seul par lui-même, lors même, toutefois, qu'elles sont en si grande harmonie avec ce que lui enseignent l'étude de la nature et les merveilles de la création. Faraday avait dès longtemps compris avec raison que les données scientifiques, si mobiles et si variables, ne suffisent pas à l'homme pour donner à ses convictions religieuses une base solide et inébranlable ; mais il avait en même temps montré par son exemple que la meilleure réponse que le savant puisse faire à ceux qui prétendent que les progrès de la science sont incompatibles avec ces convictions, c'est de leur dire : Et pourtant je suis chrétien.

La sincérité de son christianisme apparaissait dans ses actes autant que dans ses paroles. La simplicité de sa vie, la droiture de son caractère, la bienveillance active qu'il déployait dans ses rapports avec les autres lui avaient concilié l'estime et l'affection générales. Toujours prêt à rendre service, il savait quitter son laboratoire quand sa présence était nécessaire à un ami ou utile à l'humanité. On le voyait mettre sa science à contribution aussi bien pour une enquête sur une question de salubrité publique ou d'application industrielle, que pour donner un conseil pratique à un artisan ou examiner la découverte d'un débutant dans la carrière scientifique. Seulement, comme je l'ai déjà dit, sauf ces exceptions, il s'était fait une règle de ne pas se laisser détourner des travaux auxquels il avait consacré sa vie, par des occupations d'un autre ordre ou par tous ces prétendus devoirs de société qui dissipent le temps, abrégent la vie intellectuelle, déjà si courte, et ne laissent bien souvent après eux que du vide et des regrets. Ce n'est pas qu'il ne sût être éminemment sociable au besoin, et qu'il ne se permît quelques

délassements quand, fatigué du travail, il avait besoin de repos. Mais ce n'était que des accidents dans sa vie si exclusivement vouée à son laboratoire.

La carrière scientifique de Faraday fut aussi heureuse que complète. Nommé déjà en 1823 correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, il fut appelé, en 1844, par cette même Académie, à occuper l'une de ses huit places d'Associé étranger, après avoir été agrégé successivement à tous les corps savants de l'Europe et de l'Amérique. Il n'était point insensible à ces honneurs scientifiques qu'il acceptait avec une véritable satisfaction, tandis qu'il refusa constamment toute autre espèce de distinction honorifique.

Mais il est temps d'aborder la partie la plus importante de cette notice, celle qui doit être consacrée à l'examen des travaux de Faraday. Qu'il me soit seulement permis, avant de parler des travaux eux-mêmes, de dire quelques mots de la manière dont Faraday travaillait.

Est-il vrai que le savant qui veut interroger la nature doive se mettre en face de ses appareils, les faire agir pour en tirer des faits et attendre que ces faits aient paru pour en déduire des conséquences, le tout sans aucune idée préconçue ? A coup sûr, le philosophe qui a pu avancer une semblable opinion n'avait jamais expérimenté et, en tout cas, cette méthode n'a jamais été celle des inventeurs ; ce n'était assurément pas celle de Faraday.

Il est une seconde méthode qui n'était pas non plus la sienne, quoiqu'elle soit vraiment sérieuse et souvent féconde. C'est celle qui consiste à reprendre les phénomènes connus pour les étudier avec une grande précision en en déterminant avec soin tous les éléments et les données numériques, de manière à en conclure les lois qui les régis-

sent et souvent aussi à montrer l'inexactitude des lois auxquelles on les croyait soumis. Cette méthode exige de fortes études préalables, un grand talent pratique dans la construction des appareils, une sagacité remarquable dans l'interprétation des résultats fournis par l'expérience, et enfin beaucoup de persévérance et de patience. Il est vrai qu'elle conduit sûrement à un résultat, voilà son bon côté; mais les conditions difficiles qu'elle impose sont autant d'obstacles qui empêchent qu'elle ne soit généralement suivie, sauf par des intelligences d'élite.

Une troisième méthode, bien différente de la précédente, est celle qui, sortant des voies battues, conduit, comme par inspiration, à ces grandes découvertes qui ouvrent de nouveaux horizons à la science. Cette méthode, pour être fructueuse, exige une condition, condition qui ne se rencontre que rarement, il est vrai : c'est le génie. Or, cette condition, elle se trouvait chez Faraday. Doué, comme il le reconnaît lui-même, de beaucoup d'imagination, il osait aller de l'avant là où beaucoup d'autres auraient reculé ; sa sagacité, jointe à un tact scientifique exquis, en lui faisant pressentir le possible, l'empêchait d'errer dans le fantastique. Tout en ne voulant que des faits et en n'acceptant que difficilement des théories, il était cependant plus ou moins dirigé par des idées préconçues qui, justes ou fausses, le conduisaient dans des routes nouvelles où, le plus souvent, il trouvait ce qu'il cherchait et, quelquefois aussi, ce qu'il ne cherchait pas, mais où toujours il rencontrait une découverte importante.

Une semblable méthode, si tant est qu'elle en soit une, stérile et même dangereuse chez des esprits médiocres, a enfanté de grandes choses entre les mains de Faraday.

grâce, avons-nous dit, à son génie, mais grâce aussi à cet amour de la vérité qui le caractérisait et qui le préservait de la tentation qu'éprouve trop souvent tout inventeur, de voir ce qu'il désire et de ne pas voir ce qu'il redoute.

Les travaux qui sont sortis de cette tête si bien organisée, sont nombreux et variés ; ils se rattachent, comme nous l'avons dit, essentiellement à la chimie et à l'électricité. Ces derniers sont de beaucoup les plus nombreux et les plus importants ; aussi leur consacrerons-nous la plus grande partie de cette notice après avoir fait une exposition sommaire des autres.

I

En 1816, sir H. Davy reçut un échantillon de chaux caustique native provenant de Toscane. Il le donna à analyser à Faraday, et il trouva le travail si bien fait qu'il le fit imprimer en l'accompagnant de quelques observations. Ce succès, en donnant confiance à Faraday en ses propres forces, l'encouragea à s'essayer dans d'autres recherches originales. Il publia, en 1817 et 1818, un travail sur le passage des gaz à travers des tubes étroits, duquel il résultait que la vitesse d'écoulement des fluides élastiques ne dépend pas seulement de leur densité, mais aussi de leur nature propre. Divers autres points de la chimie et de la physique, en dehors de ceux qui avaient pour objet l'électricité et le magnétisme, attirèrent de temps à autre son attention pendant toute la durée de sa carrière scientifique. C'était tantôt une note sur la combustion du diamant, tantôt une étude des sons produits par la combustion des gaz ou par la superposition d'une tige de fer fortement chauffée sur une masse de cuivre à la tempé-

rature ordinaire (expérience de Trevelyan), tantôt des recherches sur la limite de la vaporisation ou sur l'évaporation du mercure aux basses températures. Notons deux mémoires importants, l'un sur l'explication de certaines illusions d'optique produites par les corps en mouvement, l'autre sur la description de quelques figures acoustiques nouvelles qui proviennent des vibrations de la couche d'air en contact avec la surface de plaques vibrantes. Son élégante découverte du *regel*, c'est-à-dire de la faculté qu'ont deux morceaux de glace rapprochés l'un de l'autre de se souder, par le fait de leur simple contact à une température supérieure à 0°, suivie dans ses conséquences comme elle l'a été par Tyndall, a eu une bien plus grande portée qu'il ne l'avait peut-être soupçonné lui-même. On retrouve dans toutes ces notices, même les moins importantes, une idée originale, un point de vue nouveau et piquant qui fait immédiatement reconnaître Faraday. Et, à cette occasion, comment ne pas mentionner son explication si simple et si claire des tables tournantes et l'expérience ingénieuse par laquelle il fait toucher au doigt les efforts musculaires que font, sans qu'elles en aient la conscience, les personnes qui, en posant leurs mains sur la table, en déterminent le mouvement.

Arrêtons-nous maintenant quelques instants à quelques recherches de plus longue haleine dont la publication précéda et même accompagna en grande partie ses grands travaux sur l'électricité.

En 1820 Faraday décrivit deux nouveaux composés de chlore et de carbone. L'un est solide, transparent et incolore ; il cristallise en petits prismes et en lames, et s'obtient en exposant à l'action directe du soleil, du gaz hydrogène bi-carboné avec une forte proportion de chlore.

L'autre renferme moins de chlore ; il est liquide, incolore, possède une grande densité et se prépare en faisant passer le premier à travers un tube incandescent d'où il se dégage du chlore. La découverte de ces deux composés comblait une lacune importante dans l'histoire de la chimie.

Plus tard (en 1825) Faraday obtenait par la compression du gaz tiré de l'huile un nouveau composé qui, non moins intéressant que les précédents au point de vue scientifique, avait de plus une grande importance industrielle. C'était un bicarbure d'hydrogène à l'état liquide qui se trouvait être un mélange de plusieurs composés différents doués de divers degrés de volatilité et qu'on pouvait séparer par la distillation. On sait tout le parti qu'en a tiré l'illustre chimiste Hoffmann pour la production des couleurs en en extrayant l'aniline.

La découverte de ce bicarbure d'hydrogène n'était qu'un incident dans le travail que Faraday avait entrepris en 1823 sur la condensation des gaz en liquides. Son mode d'opérer dans ce travail consistait à placer dans une des extrémités d'un tube recourbé et fermé aux deux bouts, les ingrédients nécessaires pour la production du gaz et à plonger l'autre extrémité dans un mélange réfrigérant. Le gaz, dégagé dans un espace clos, ne tardait pas à se condenser à l'état liquide dans l'extrémité refroidie du tube. C'est ainsi que le chlore d'abord, puis l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré, l'acide carbonique, le protoxyde d'azote, le cyanogène, l'ammoniaque, l'acide hydrochlorique furent successivement amenés à l'état liquide. Sauf le chlore, tous ces gaz liquéfiés étaient sans couleur et parfaitement transparents ; ils avaient tous un pouvoir réfringent supérieur à celui de l'eau. Les essais faits pour réduire à

l'état liquide les autres gaz, notamment l'hydrogène, l'oxygène et l'azote furent infructueux. Vingt ans plus tard, en 1844, Faraday reprenait ces expériences en condensant directement les gaz par des procédés mécaniques dans des tubes très-forts et hermétiquement fermés, et en les refroidissant au moyen du mélange de l'éther avec l'acide carbonique solide produit par la méthode de Thilorier. La condensation pouvait aller à 50 atmosphères et l'abaissement de la température jusqu'à —166° Farnh., soit 110° centigrades au-dessous de 0°. Faraday parvint ainsi à rendre liquides, outre les gaz que j'ai déjà mentionnés, le gaz oléfiant, l'hydrogène phosphoré et l'hydrogène arséniqué ainsi que l'acide fluosilicique, mais il ne parvint pas à les solidifier. D'un autre côté, appliquant son nouveau procédé aux gaz qu'il avait précédemment liquéfiés, il les amena, non-seulement à l'état liquide, mais même à l'état de solides transparents et cristallins ; le gaz hydrochlorique seul, parmi ces derniers, ne put devenir solide, tandis que les gaz hydriodique et hydrobromique furent successivement liquéfiés et solidifiés.

Il est facile de comprendre toute la portée d'un travail dont le résultat était de modifier complétement les idées reçues sur la constitution des gaz permanents en les faisant rentrer dans la catégorie des simples vapeurs; c'était introduire dans la physique moléculaire une notion nouvelle et importante dont les conséquences se sont successivement déroulées.

C'est encore à une question de physique moléculaire que se rattache le mémoire sur les relations de l'or et des autres métaux avec la lumière, que Faraday publia en 1857. Entre autres faits intéressants que renferme ce mémoire, nous citerons celui d'une feuille d'or battu qui,

placée sur une plaque de verre, devient tout à fait transparente et incolore lorsqu'elle est portée à une haute température et qui, vue par transparence, reprend sa couleur verte si on la soumet à une forte pression. Un grand nombre d'expériences sur les dépôts pulvérulents de divers métaux obtenus par des décharges électriques transmises à travers des fils très-fins, conduisent à des résultats remarquables sur les variations de couleur qui proviennent du changement dans l'état moléculaire du même corps. Nous trouvons aussi dans ce mémoire une étude détaillée des couleurs variées que présentent différentes solutions d'or et, en particulier, de la belle teinte rouge rubis qu'on obtient par la dissolution d'une quantité d'or qui, agglomérée en une masse unique, n'occuperait pas la sept cent millième partie du volume d'eau qu'elle colore. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'intérêt que présentent des recherches qui ont pour objet l'étude de l'influence encore si mal connue de la structure moléculaire des corps, sur leurs rapports avec la lumière et sur leur transparence en particulier.

Parmi les travaux assez nombreux de Faraday qui se rattachent aux applications de la science à l'industrie, nous nous bornerons à citer ses recherches sur la fabrication de l'acier et sur celle du verre optique ; ce sont les plus importantes.

C'est par l'analyse de l'acier indien nommé *Wootz* que, de concert avec Stodart, il fut conduit à composer un alliage qui en avait toutes les propriétés, en combinant l'aluminium avec le fer et le carbone. Dans une lettre adressée en 1820 au professeur de la Rive[1], il raconte tous les essais que son collaborateur et lui ont faits pendant deux

[1] Voyez *Bibl. Univ.* (1820), tome XIV, p. 209.

années d'un travail persévérant, pour découvrir les alliages les plus satisfaisants. Il signale, comme l'un des meilleurs, celui de rhodium et d'acier, et comme présentant des particularités curieuses celui d'acier et d'argent : ce dernier alliage ne devient une véritable combinaison que lorsque l'argent n'y entre que pour $^1/_{500}$me. Le platine, par contre, se combine en toute proportion avec l'acier, mais il ne donne pas un alliage aussi bon que le rhodium et l'argent pour la construction des instruments tranchants.

Quoique intéressants à bien des égards, les résultats que Faraday avait obtenus dans son grand travail sur les alliages d'acier n'étaient pas, par leur importance, en rapport avec le temps et la peine qu'ils lui avaient coûtés. Nous pouvons en dire autant des recherches laborieuses sur la fabrication du verre optique qu'il fit quelques années plus tard (en 1829). C'est sur l'initiative prise en 1824 par la Société royale de Londres, qui nomma un comité pour l'étude de l'amélioration du verre en vue de son usage optique, que Faraday fut appelé à s'en occuper. Pendant que lui-même suivait à la partie chimique de ces recherches, Dollond travaillait le verre et Herschell le soumettait à l'épreuve de l'expérience. Faraday reconnut à la suite de longs et difficiles essais, que le plus grand obstacle que l'on rencontrait dans la fabrication d'un bon flint-glass, c'est-à-dire d'un verre très-réfringent, c'était la présence de raies et de stries provenant d'un défaut d'homogénéité dû lui-même à des différences de composition entre des portions contiguës du même verre. L'emploi de l'oxyde de plomb dans la composition du flint-glass était la cause de cette défectuosité qu'on ne réussissait pas même à éviter complétement en faisant usage des moyens les plus efficaces pour rendre le mélange parfait

pendant son état de fusion. Parmi les combinaisons essayées, celle de borate de plomb et de silice donna un verre doué de propriétés optiques encore plus prononcées que celles du flint-glass, et présentant en même temps une structure très-uniforme. Ce verre, que sa densité considérable (elle est double de celle du flint) a fait nommer verre pesant, se trouve avoir malheureusement une légère coloration jaunâtre qui l'a rendu peu propre aux usages optiques; mais le travail que Faraday avait consacré à sa fabrication n'a pas été perdu, car ce même verre est devenu, comme nous le verrons plus loin, entre les mains de l'habile expérimentateur, l'instrument de l'une de ses plus belles découvertes.

Faraday, dans le long et curieux mémoire qu'il a publié sur la fabrication du verre d'optique, donne une description minutieuse de tous les procédés dont il a fait usage, construction de fourneaux, choix des creusets, moyens de chauffage, artifices divers tels que l'emploi du platine en poudre injecté dans le verre en fusion pour en faire disparaître les bulles, etc. C'est un véritable enseignement de manipulations chimiques et comme un complément à son Traité sur ce sujet publié en 1827 qui a eu dès lors trois éditions successives. Tous ceux qui, dans le domaine de la physique aussi bien que dans celui de la chimie, sont appelés à expérimenter, peuvent seuls apprécier l'immense service que leur a rendu ce Traité en leur enseignant une foule de procédés de détail si précieux à connaître et dont jusqu'alors on ne trouvait la description nulle part, de sorte que chacun était obligé d'en faire l'apprentissage pour son propre compte. Il fallait qu'un savant qui, depuis de longues années, avait été aux prises avec les difficultés de l'expérimentation et qui avait su

les surmonter d'une manière si ingénieuse, se donnât la peine de décrire les moyens qu'il avait employés, de manière que sa propre expérience pût servir aux autres. Faraday a été ce savant, son but a été complétement atteint.

Nous devrions peut-être parler ici, avant de passer à un autre ordre de sujets, de certaines idées théoriques de Faraday ayant trait à la physique générale et plus particulièrement à la nature des forces, à leur corrélation entre elles et à l'essence de la matière ; mais nous préférons attendre pour nous occuper des opinions qu'il a émises sur ces questions, d'avoir exposé ses travaux sur l'électricité et le magnétisme. Nous devons cependant reconnaître dès à présent que ses points de vue dans ces matières sont très-contestables et que, si toutefois ils lui ont inspiré des recherches expérimentales du plus grand intérêt, c'est une preuve que, entre les mains d'un homme de génie, une théorie, même mauvaise, peut être l'origine des plus belles découvertes.

II

Je passe maintenant à l'examen de ceux des travaux de Faraday qui sont relatifs à l'électricité et au magnétisme. Ce n'est par sans embarras que j'aborde cet examen, car ces travaux sont si nombreux qu'il faudrait étendre outre mesure les dimensions de cette notice pour en faire seulement une simple analyse ; ils sont en même temps si variés qu'il est impossible de les exposer dans l'ordre chronologique de leur publication sans qu'il en résulte de la confusion. Ainsi, par exemple, les recherches sur l'induction sont interrompues par d'autres sur les décompo-

sitions électro-chimiques pour être reprises et complétées plus tard. Chaque mémoire forme bien un tout complet, mais un mémoire est suivi le plus souvent d'un autre dont le sujet est tout différent. Il semble que l'auteur, après avoir traité une question, a besoin de se recueillir avant de la reprendre, et de s'en distraire, pour ainsi dire, en s'occupant d'un autre genre de travail.

Il m'a donc paru que ce que j'avais de mieux à faire, c'était de grouper sous quelques chefs distincts tous ces travaux divers afin de pouvoir en donner l'essence sans avoir besoin d'entrer dans trop de détails. Le premier comprendrait toutes les recherches relatives à l'électro-chimie ; le second, celles qui ont pour objet l'induction soit électro-dynamique, soit électro-statique ; le troisième, les phénomènes relatifs à l'action du magnétisme et de l'électricité dynamique sur la lumière et sur tous les corps de la nature en général. Il est vrai qu'il y a quelques travaux qui échappent à cette classification, vu qu'ils ne rentrent dans aucune de nos trois divisions. Mais ce sont des travaux moins importants, et qui ont été faits occasionnellement, c'est-à-dire qui sont le fruit d'une circonstance particulière qui a attiré l'attention de Faraday sur un point spécial. Tel est, par exemple, le mémoire qui a pour objet l'étude des propriétés électriques du gymnote ; tel est encore celui qui est consacré au dégagement de l'électricité par le frottement qu'exercent contre des corps solides, des globules d'eau ou d'autres substances entraînées par la vapeur : expériences entreprises à l'occasion de la découverte de la machine d'Armstrong. Il en est d'autres enfin qui ne renferment que les conséquences plus ou moins indirectes des découvertes fondamentales qui seront exposées dans une des trois subdi-

visions sous lesquelles nous les avons groupées. Nous n'insisterons, ni sur les uns, ni sur les autres, estimant que nous pouvons donner une idée plus exacte et plus complète de tous les progrès que Faraday a fait faire à la science de l'électricité et du magnétisme, en nous bornant à signaler avec quelques développements les parties les plus saillantes de ses recherches sur ces sujets.

Faraday avait débuté par la chimie dans sa carrière scientifique ; il n'est donc pas étonnant qu'il ait abordé l'électricité par l'étude de l'électro-chimie. C'était d'ailleurs vers l'électro-chimie que son attention avait dû être d'abord dirigée dans ce laboratoire de l'Institution royale qui avait été témoin des magnifiques découvertes de Davy sur les décompositions chimiques opérées par la pile, et en particulier sur la production des métaux alcalins. En s'occupant de ce sujet, il ne faisait que suivre aux traditions que lui avait laissées son prédécesseur.

Ses recherches sur la conductibilité électrique des corps, sont un premier pas dans cette voie. Il s'agit de savoir si, comme on l'avait cru jusqu'alors, la présence de l'eau est nécessaire pour que les corps liquides soient conducteurs, et si les corps solides non métalliques et par conséquent composés, peuvent conduire l'électricité, et la conduire sans être décomposés. Commençant par l'eau, qui est un isolant à l'état solide et un bon conducteur à l'état liquide, Faraday montre qu'un grand nombre de substances composées sont dans le même cas. Tels sont plusieurs oxydes, des chlorures, des iodures et une foule de sels, qui ne conduisent point l'électricité à l'état solide, mais qui liquéfiés par la chaleur sans aucun mélange d'eau, deviennent d'excellents conducteurs, et sont décomposés par l'électricité avec séparation de leurs éléments

à la façon des dissolutions aqueuses. A la liste de ces composés, Faraday ajoute celle des substances, soit simples comme le soufre et le phosphore, soit composées, telles que les périodures et perchlorures d'étain et beaucoup d'autres, qui restent isolantes à l'état de fusion comme elles l'étaient à l'état solide. Il ne parvient pas dans ce premier travail, malgré un grand nombre d'expériences où il fait intervenir l'influence de la chaleur et celle de l'électricité à haute tension dans l'étude du pouvoir conducteur des corps solides, à déterminer bien exactement les conditions de la conductibilité électrique ; seulement il reconnait que, sauf une exception qu'il ne considère avec raison que comme apparente, il n'est pas un corps solide qui, devenant conducteur par son passage à l'état liquide, ne soit décomposé par le courant électrique. Disons, pour ne pas y revenir, que Faraday a eu quelquefois des doutes sur ce point, qu'il a même cru que l'eau pouvait conduire l'électricité sans être décomposée ; or l'expérience a montré que, dans tous les cas, même ceux qui paraissent le plus favorables à cette opinion, l'électricité ne peut être transmise, sous quelque forme que ce soit, à travers un corps liquide composé, sans que ce corps n'éprouve la décomposition électro-chimique.

Quant aux causes mêmes de la conductibilité, elles sont loin d'être connues encore ; quand on voit des corps tels que les gaz devenir conducteurs à un grand degré de raréfaction, tandis que sous la pression ordinaire ils sont des isolants parfaits, on arrive forcément à la conclusion que l'impossibilité où nous sommes d'expliquer cette différence ainsi que tant d'autres que présentent sous le même rapport, les corps solides et liquides, tient à ce que nous ne nous faisons pas encore une idée juste de la

constitution moléculaire des corps. Peut-être les nouvelles théories de plusieurs physiciens, celle de Clausius en particulier, qui considère les particules comme étant chez les corps dans un état continuel de mouvement, réussiront-elles à éclaircir ce sujet encore si mystérieux. Faraday lui-même avait bien entrevu ce rapport entre la conductibilité électrique et les idées qu'on peut se former sur la nature de la matière. Dans un article remarquable publié en 1844, il montrait en s'appuyant sur l'expérience, que, dans la théorie où un corps est considéré comme composé d'atomes pesants séparés les uns des autres par des intervalles intermoléculaires plus ou moins considérables, il y a une foule de faits dont les uns ne peuvent être expliqués qu'en admettant que ce sont les atomes qui sont conducteurs et l'espace intermoléculaire qui est isolant, et les autres, que c'est l'espace intermoléculaire qui est conducteur et les atomes qui sont isolants; contradiction inadmissible. Il en concluait qu'il faut se représenter la matière comme continue, ou plutôt se représenter les atomes comme étant simplement des centres de force, et remplacer par conséquent la théorie atomistique par la théorie dynamique. Nous verrons souvent les traces de ces idées dans les travaux subséquents de Faraday; quant à nous, nous ne saurions nous y ranger; nous sommes convaincus que ce n'est pas en niant l'existence de la matière proprement dite, et en se bornant à n'admettre que des forces, qu'on parviendra à résoudre les difficultés dont il s'agit et bien d'autres encore, mais plutôt en modifiant, comme l'ont fait Clausius et d'autres, les idées reçues jusqu'ici sur le mode de constitution des corps, et en leur en substituant d'autres plus en rapport avec les découvertes récentes.

Mais revenons à l'électro-chimie. C'est, comme je l'ai dit, des décompositions chimiques opérées par le courant électrique que Faraday s'occupe d'abord. Il commence par obtenir la décomposition de l'eau et des dissolutions au moyen d'un jet aussi continu que possible d'électricité ordinaire, en laissant une couche d'air interposée entre les pointes métalliques qui apportent et emportent l'électricité d'une machine et une bande de papier humectée que cette électricité traverse; il observe que le dépôt des éléments séparés du liquide décomposé a lieu contre la surface de l'air qui est en contact avec le papier. Puis, étudiant les décompositions opérées par la pile, il examine les diverses explications qu'on a données de ce phénomène et conclut que c'est beaucoup plus un phénomène chimique qu'un phénomène électrique proprement dit. En d'autres termes, c'est une forme particulière de l'affinité qui, sous l'influence de l'électricité, s'exerce entre les molécules voisines les unes des autres, de sorte que la décomposition est d'autant plus facile que l'affinité est plus forte. Il établit que le transport des éléments ne peut se faire qu'entre des corps dont les parties constituantes ont de l'affinité les unes pour les autres, et si ces éléments se dégagent à l'état de liberté contre la surface des pôles métalliques de la pile, c'est qu'ils ne peuvent se combiner avec la substance de ces pôles; car dès que cette combinaison est possible, ils ne se dégagent plus. L'eau dans certains cas, l'air dans d'autres, comme nous l'avons vu, peuvent servir de pôles aussi bien que des corps solides. Faraday repousse avec raison l'idée ancienne de certains physiciens qui attribuaient les décompositions électro-chimiques aux attractions et répulsions électriques ordinaires, exercées sur les éléments d'un liquide conduc-

teur, par les pôles voltaïques qui y plongent. Les fils métalliques ou les conducteurs quelconques qui transmettent l'électricité dans un liquide ne sont autre chose, suivant lui, que des routes par lesquelles le courant électrique pénètre dans le liquide ; aussi pour exclure toute idée de tension électrique liée plus ou moins au nom de pôle, Faraday propose de substituer à la dénomination de pôles celle d'*électrodes*. Il désigne également par le nom d'*électrolyse* la décomposition chimique opérée par l'électricité, réservant celui d'*analyse* pour les décompositions chimiques ordinaires dans lesquelles l'électricité n'intervient pas. Il nomme enfin *électrolytes* les corps composés susceptibles d'être décomposés par le courant électrique.

Après cette étude préliminaire et générale du sujet, Faraday énumère les résultats qu'il a obtenus en soumettant à la décomposition électro-chimique un nombre extrêmement considérable de composés, soit simples acides ou simples bases, soit combinaisons salines. Il insiste sur les effets secondaires qui se présentent souvent dans ces décompositions, surtout quand il s'agit de dissolutions aqueuses dans lesquelles il y a à la fois décomposition de l'eau et décomposition de la substance dissoute. Mais le point essentiel de ses recherches, c'est la loi à laquelle il parvient sur la nature définie de la décomposition électro-chimique. Il démontre, en se fondant uniquement sur l'expérience, que la quantité d'action chimique exercée par un courant électrique, est proportionnelle à la quantité d'électricité qui constitue ce courant, et de plus, qu'une même quantité d'électricité, soit un même courant, décompose des quantités chimiquement équivalentes de tous les corps composés à travers lesquels il est transmis. Ainsi, si l'on met à la suite les uns des

autres dans le circuit d'une pile voltaïque plusieurs appareils destinés à décomposer l'eau et à recueillir les produits gazeux de cette décomposition, on trouve que chez tous, lors même que le degré d'acidité de l'eau et la forme et la grandeur des électrodes sont différentes dans chacun, le même courant, en les traversant dans un temps donné, y produit la même quantité de gaz et par conséquent y décompose la même quantité d'eau. La quantité d'eau décomposée dans un temps donné, appréciée par la quantité du gaz dégagé, est donc la mesure exacte de la quantité d'électricité qui a produit cet effet. Aussi a-t-on appelé avec Faraday *voltamètre* l'appareil très-simple qui reçoit l'eau légèrement acide, destinée à être décomposée par le courant, et au moyen duquel on mesure exactement le volume des gaz dégagés par ce courant dans un temps donné.

Quant au second principe, que la même quantité d'électricité décompose des quantités chimiquement équivalentes de tous les corps composés, Faraday le démontre en plaçant plusieurs électrolytes différents les uns à la suite des autres dans le même circuit, par exemple l'eau acidulée d'un voltamètre, du protochlorure d'étain et du chlorure de plomb l'un et l'autre en fusion, et il obtient des quantités d'étain, de plomb, de chlore, d'hydrogène et d'oxygène, qui sont chimiquement équivalentes. Puis, remontant de l'effet à la cause, il arrive à conclure qu'il y a égalité parfaite entre l'électricité qui décompose un corps et celle qui est engendrée par l'action chimique qui amène la décomposition directe d'une quantité égale de ce même corps, ou d'une quantité chimiquement équivalente d'un autre. Il est ainsi conduit à s'occuper de la théorie de la pile et à reconnaître que le pouvoir de cet

appareil a son origine dans l'action chimique et non dans le contact de deux métaux hétérogènes : contact qui n'est nécessaire ni pour produire une étincelle, ni pour déterminer une décomposition chimique.

Il établit d'abord que, soit pour obtenir une décomposition, soit pour produire une étincelle, une plaque de zinc plongée dans de l'eau acidulée suffit sans qu'il soit nécessaire de mettre le zinc en contact avec aucun autre métal. Il montre que dans toute pile la présence d'un électrolyte, c'est-à-dire d'un liquide susceptible d'être décomposé, est indispensable pour qu'il y ait dégagement d'électricité. Puis, distinguant dans l'électricité engendrée l'intensité (soit la tension) et la quantité, il étudie les circonstances tenant, soit à la nature de l'action chimique, soit au nombre des couples voltaïques associés, qui influent sur ces deux caractères du courant. En deux mots, il établit une telle corrélation entre ce qui se passe dans l'intérieur d'une pile et ce qui a lieu dans l'électrolyte interposé entre les pôles de cette pile, qu'il est impossible de ne pas admettre avec lui que la décomposition électrolytique n'est pas autre chose qu'une forme de l'affinité chimique transportée de la pile dans l'électrolyte décomposé.

Voulant se faire une idée de la quantité d'électricité qui est associée avec les particules dont se compose la matière, il cherche à évaluer celle qui est nécessaire pour la décomposition d'un grain d'eau, en la regardant, ainsi qu'il est fondé à le faire, comme équivalente à celle que produit l'action chimique directe (action de l'eau acidulée sur le zinc) qui décompose ce grain d'eau. Or, il arrive à ce résultat incroyable, savoir que cette quantité d'électricité appréciée par la chaleur qu'elle dégage en

traversant un fil fin de platine, est supérieure à celle qui se manifeste dans 800 mille décharges d'une batterie de bouteilles de Leyde chargée par trente tours d'une puissante machine électrique à plateau; et par conséquent comme équivalente à celle qui constitue un violent coup de foudre.

Les recherches dont je viens de parler furent faites en 1833, 1834 et 1835. Je m'étais antérieurement occupé des mêmes questions, et j'étais arrivé par des méthodes un peu différentes à la même conclusion que Faraday, savoir que c'est dans l'action chimique que réside l'origine du dégagement de l'électricité dans la pile voltaïque. Aussi Faraday fait-il souvent allusion à mes travaux d'une manière très-bienveillante, et plus tard, en 1840, il m'écrit une lettre dans laquelle il me dit, que complétement rallié à la théorie chimique, il vient d'attaquer la question d'une manière directe, comme je l'avais déjà fait, en démontrant que le contact seul, s'il n'est pas accompagné d'une action chimique, n'est pas une source d'électricité. Le mémoire dans lequel il traite à fond cette question est le dernier qu'il ait consacré à cette partie de l'électricité. Il y démontre, au moyen d'une foule d'expériences ingénieuses, que la présence d'un électrolyte, c'est-à-dire d'un liquide à la fois composé et conducteur de l'électricité est indispensable à la production de l'électricité dans un couple voltaïque; il varie ses expériences sous mille formes, tantôt en épuisant le nombre des combinaisons chimiques employées comme électrolytes, tantôt en faisant intervenir l'action de la température ou celle d'autres agents; et il termine en montrant par des considérations générales l'improbabilité de l'existence d'une force de contact.

On peut dire que ce dernier travail, complément précieux des précédents, a porté jusqu'à l'évidence la vérité de la théorie chimique. Cette théorie, entrevue par Wollaston et Fabroni, mais combattue par la plupart des physiciens du commencement de ce siècle, avait trouvé dans les belles expériences de M. Becquerel père, sur l'électricité développée par les actions chimiques, un puissant argument en sa faveur. C'est alors (de 1825 à 1835) que profitant de ces expériences et cherchant moi-même à en faire de nouvelles du même genre, mais dans une direction un peu différente, je publiai divers mémoires pour appuyer et préciser mieux qu'on ne l'avait fait jusqu'alors la théorie chimique de la pile voltaïque. Mais je dois reconnaître qu'on doit à Faraday d'avoir basé cette théorie sur des preuves irréfutables, non-seulement par la variété et le nombre considérable de ses recherches, mais surtout par sa belle découverte de l'action décomposante définie du courant électrique, découverte qui établit entre l'action chimique extérieure de la pile voltaïque et l'action chimique qui a lieu dans l'intérieur même de cet appareil, une relation si intime qu'il est impossible de ne pas voir dans la seconde la cause de la première.

III

Faraday découvrit en 1831, l'induction électrique; c'est la plus importante, sinon peut-être la plus brillante, de ses découvertes. Dix ans auparavant (en 1821), il avait déjà observé un phénomène très-nouveau dans la science de l'électro-dynamique, cette science, sortie pour ainsi dire toute faite du cerveau d'Ampère à la suite de la

découverte d'Oersted. Frappé des expériences du grand physicien français sur les attractions et répulsions mutuelles des courants électriques et des aimants, Faraday avait été conduit par des idées théoriques passablement contestables et peu conformes aux principes de la mécanique. à admettre qu'un courant électrique doit tourner autour du pôle d'un aimant d'un mouvement continu, et que réciproquement le pôle d'un aimant doit tourner de même autour d'un courant électrique. Il vérifia par l'expérience ce double résultat dont Ampère ne tarda pas à montrer l'accord avec sa théorie, en y ajoutant d'autres faits du même ordre. Il n'en est pas moins vrai que la découverte d'un mouvement continu de rotation dû à l'action combinée d'un aimant et d'un courant électrique, était très-imprévue et en même temps très-importante, car on n'avait pas jusqu'alors d'exemple en physique de ce genre d'action. C'était un premier pas fait dans cette voie qui devait conduire à trouver une relation entre le mouvement mécanique et les forces moléculaires.

Arago, en 1824, fut le premier qui établit directement cette relation par sa belle découverte du magnétisme par rotation, car il montra que le simple mouvement mécanique peut rendre un corps non magnétique par lui-même, susceptible d'agir sur l'aimant. Faraday alla plus loin en 1831, en découvrant qu'il suffit d'approcher ou d'éloigner d'un fil métallique formant un circuit fermé, un autre fil parallèle traversé par un courant électrique ou simplement un aimant, pour développer dans le premier fil un courant électrique. Il avait trouvé l'induction, ce phénomène que bien d'autres avaient cherché vainement tout en en soupçonnant l'existence, mais que lui seul avait réussi à produire.

Arrêtons-nous un instant sur son expérience fondamentale :

On enroule deux fils de métal recouverts de soie l'un avec l'autre autour d'un cylindre de verre ou de bois ; les deux fils sont ainsi isolés et ont toutes leurs spires rapprochées et parallèles. On fait passer un courant électrique dans l'un des fils ; aussitôt il s'en manifeste un dirigé en sens contraire dans le fil voisin dont les deux extrémités sont unies par un galvanomètre ; mais ce courant ne dure qu'un instant. On interrompt le courant qui passait à travers le premier fil ; immédiatement il s'en développe encore un dans le second fil, instantané comme dans le premier cas, mais dirigé dans le même sens que le courant producteur, au lieu de l'être en sens contraire. L'instantanéité de ces deux courants, le fait de leur direction alternativement contraire, voilà les deux caractères importants de ce mode nouveau de production d'électricité.

Faraday ne s'en tint pas là ; partant de l'idée d'Ampère qu'un aimant n'est qu'un assemblage de courants électriques disposés autour d'un axe d'une manière assez analogue à la circulation d'un courant électrique à travers un fil métallique roulé en hélice, il essaya de remplacer, dans son expérience fondamentale, le fil traversé par le courant électrique par un simple aimant. Dans ce but il roule en hélice un seul fil au lieu de deux, autour d'un tube en verre ou en bois ; puis il introduit dans ce tube un aimant, et il constate qu'à ce moment-là il se développe un courant instantané dans le fil en hélice, et qu'il s'en développe un second également instantané, mais dirigé en sens contraire, au moment où il retire l'aimant. La voilà donc réalisée cette production de l'é-

lectricité par le magnétisme, que depuis longtemps Faraday cherchait, convaincu qu'il était que, puisque l'électricité produit le magnétisme, le magnétisme à son tour doit produire l'électricité.

Est-il nécessaire de suivre Faraday dans les expériences multipliées par lesquelles il démontre que l'électricité dévelopée par induction possède toutes les propriétés de l'électricité voltaïque et de l'électricité ordinaire des machines, qu'elle décompose l'eau, qu'elle réchauffe des fils fins de métal, qu'elle donne des secousses et que même elle produit une étincelle. Produire une étincelle électrique au moyen de l'action d'un simple aimant, c'est là un de ces faits frappants qui donnent à la découverte qui conduit à un pareil résultat une popularité, si j'ose m'exprimer ainsi, qui rejaillit sur son auteur.

Faraday ne tarda pas à montrer que le magnétisme terrestre peut, comme celui d'un aimant, développer des courants électriques par induction dans un fil métallique roulé en hélice ou en cercle et animé dans un plan perpendiculaire à celui du méridien magnétique, d'un mouvement d'oscillation. Il trouva qu'il n'était pas même nécessaire d'employer des fils métalliques pour constater l'influence du magnétisme terrestre sur la production des courants induits, mais qu'il suffisait de mettre en rotation dans un plan perpendiculaire à la direction de l'aiguille d'inclinaison, un disque métallique, de cuivre par exemple, pour le trouver sillonné de courants électriques allant du centre à la circonférence ou de la circonférence au centre, suivant le sens de la rotation. A plus forte raison, le voisinage d'un aimant développe chez un disque semblable mis en rotation dans un plan quelconque sous l'influence de cet aimant, des courants induits

dont la présence constatée directement, explique d'une manière parfaitement satisfaisante les phénomènes du magnétisme de rotation découverts par Arago.

Ces courants, quoique difficiles à percevoir, doivent cependant avoir une puissance assez grande puisqu'ils peuvent entraîner un aimant passablement pesant, par l'action qu'ils exercent sur lui. Il est probable que cette puissance tient moins à leur intensité individuelle qu'à leur nombre qui paraît être très-considérable. Nous pouvons citer deux exemples qui prouvent d'une manière frappante toute l'énergie que peut acquérir ce mode de production des courants induits. Le premier est fourni par une expérience curieuse de Faraday, dans laquelle, faisant tourner sur elle-même une masse cubique de cuivre suspendue par un fil entre les pôles d'un électro-aimant non aimanté, il vit, au moment où il aimanta l'électro-aimant, cette masse s'arrêter subitement par l'effet de l'action magnétique exercée sur les courants que l'induction avait déterminés dans le cuivre. Nous trouvons le second exemple dans le fait observé par Foucault de l'arrêt subit qu'éprouve également un disque épais de cuivre mis en rotation entre les pôles d'un électro-aimant au moment où l'on aimante cet électro-aimant. Cet arrêt est tel qu'il ne peut être surmonté que par un effort considérable, et que le disque lui-même s'échauffe très-fortement si l'on continue à opérer la rotation malgré la résistance qu'on rencontre. Pour qu'ils puissent produire un tel réchauffement dans une masse aussi considérable et éprouver une action attractive aussi forte de la part de l'électro-aimant, il faut bien que les courants induits de cette manière aient une très-grande puissance, puissance qu'ils doivent essentiellement à l'excessive rapidité du mouvement qui les engendre.

Je ne suivrai pas Faraday dans tous ses travaux sur l'induction qui accompagnèrent sa découverte fondamentale. Je me bornerai à rappeler qu'en 1834, il trouva un nouveau fait important, savoir la production d'un courant induit dans le fil même qui conduit le courant inducteur ; production qui a lieu d'abord au moment où ce dernier courant commence à circuler, puis ensuite au moment où il cesse de passer. Si ce fil est roulé en hélice autour d'un cylindre de fer doux, l'effet produit acquiert une grande intensité par le fait de l'aimantation et de la désaimantation alternatives du fer, qui accompagnent le passage et l'interruption du courant dans le fil. On sait tout le parti qu'on a tiré de cette combinaison pour construire des appareils très-puissants. On sait également comment, de perfectionnements en perfectionnements, on est arrivé à trouver dans l'induction et par conséquent dans le simple mouvement mécanique qui lui donne naissance, le procédé le plus simple et le plus économique pour obtenir de l'électricité en vue surtout de ses applications à la thérapeutique et à l'éclairage.

La découverte de l'induction électro-dynamique, c'est-à-dire de la production d'un courant par l'influence d'un courant extérieur, conduisit Faraday à examiner de plus près qu'on ne l'avait fait jusqu'à lui, le phénomène de l'induction statique, c'est-à-dire du développement à distance de l'électricité de tension dans un conducteur isolé, par l'influence d'un corps électrisé. Il reconnut, ce dont personne ne s'était encore douté, que la nature du corps interposé entre la source d'électricité et le conducteur soumis à l'action de cette source, avait une grande influence sur l'effet produit, que, parmi les corps, les uns facilitaient le développement d'électricité à distance, tan-

dis que d'autres l'arrêtaient complétement. Il nomma les premiers *diélectriques* et il constata que les diélectriques, qui sont essentiellement les résines, le soufre, la gomme laque, les huiles de térébenthine et de naphte, etc., jouissent à des degrés différents de cette propriété de transmettre l'électricité par influence, tandis qu'il n'y a à cet égard aucune différence entre les gaz qui ont le même pouvoir diélectrique quelles que soient leur nature et leur densité. Par contre, les métaux ne sont nullement diélectriques ; ils subissent l'influence électrique, ils ne la transmettent pas.

Faraday tira de l'étude que nous venons de rappeler sommairement la conclusion que l'induction n'a point lieu à distance, mais qu'elle s'opère par l'intermédiaire de la série des particules interposées entre le corps inducteur et le corps induit. Il admit que ces particules sont polarisées les unes à la suite des autres, ce que M. Matteucci démontra directement plus tard par l'expérience, que, par conséquent, le mode de propagation de l'électricité est le même dans les corps isolants que dans les corps conducteurs, et que les diverses substances ne diffèrent entre elles à cet égard que par la facilité ou la rapidité plus ou moins grande, avec laquelle s'opère chez elles cette polarisation nécessaire à la transmission de l'électricité. Puis, passant de là à l'analyse des différents modes suivant lesquels ont lieu les décharges électriques, les unes obscures, les autres lumineuses, les unes électrolytiques, c'est-à-dire accompagnées de la décomposition chimique du corps conducteur, les autres disruptives, c'est-à-dire s'opérant par la disjonction mécanique des particules de la substance interposée, il s'attacha plus particulièrement à l'étude des formes diverses que

revêt l'étincelle électrique dans les gaz plus ou moins raréfiés. Je n'en finirais pas si j'essayais d'exposer toutes les expériences qu'il fit pour éclaircir ces différents points et pour parvenir à se former une idée de la nature même du courant électrique. Identité du courant quelle que soit son origine ; sa production due à des forces polaires qui peuvent exercer une action transversale comme c'est le cas dans les phénomènes électro-dynamiques ; ces forces polaires émanant de particules contiguës ; tels sont les principes que Faraday chercha à établir comme conséquences de ses recherches expérimentales, en même temps qu'il repoussa l'idée d'actions à distance, rattachant toutes les manifestations électriques à la présence de la matière pondérable.

Qu'on admette ou non complétement toutes les idées de Faraday, il est impossible de ne pas reconnaître les pas immenses qu'il a fait faire aux théories de l'électricité, soit en démontrant par l'expérience la fausseté de certaines conceptions admises généralement jusqu'à lui, soit en ouvrant des points de vue tout à fait nouveaux sur la nature même des phénomènes électriques. Nous venons d'en avoir la preuve dans les conséquences auxquelles l'ont conduit ses travaux sur l'induction statique. Ses découvertes sur l'induction électro-dynamique en ont eu de plus importantes encore, en introduisant la notion du mouvement mécanique dans l'essence du mouvement électrique, et en permettant ainsi à Weber de relier d'une manière aussi ingénieuse que satisfaisante les phénomènes mécaniques de l'électro-dynamique découverts par Ampère avec les phénomènes électriques dus au mouvement mécanique découverts par Faraday.

Ampère et Faraday, deux noms liés pour toujours par

la conformité de leurs travaux à l'histoire de la science de l'électricité à laquelle ils ont ouvert de si nouveaux et de si vastes horizons. Et pourtant esprits aussi dissemblables par leur manière de procéder que semblables par la puissance de leur génie. Tous deux doués éminemment de cette faculté de divination qui engendre les grandes découvertes, mais l'un, Faraday y arrivant par impression, par une espèce d'instinct qui ne le trompait pas; l'autre, Ampère, marchant d'un pas plus sûr, ayant pour instrument le calcul qu'il maniait avec une habileté remarquable, et parvenant ainsi à des résultats qu'il demandait à peine à l'expérience de confirmer, tant il était certain qu'elle ne le démentirait pas.

IV

Je passe maintenant à la dernière grande série des travaux de Faraday. J'ai dit, et je crois avoir prouvé que l'induction a été la plus importante de ses découvertes; je dois dire maintenant que l'action du magnétisme et de l'électricité sur la lumière a été la plus brillante. On avait bien souvent tenté de voir si le magnétisme et l'électricité exerçaient quelque influence directe sur la lumière; on avait toujours échoué. On opérait sur des rayons lumineux cheminant dans l'air ou dans des liquides, on cherchait à agir sur eux, soit par de forts aimants, soit par des courants électriques ou par l'électricité statique; on n'avait jamais rien obtenu, absolument rien. Toutes ces recherches négatives n'ont jamais été publiées, mais elles n'en ont pas moins existé.

Guidé par des considérations théoriques sur la corrélation mutuelle des forces de la nature. Faraday réussit,

après bien des tentatives infructueuses, à trouver la liaison qui existe entre la lumière et les forces magnétiques et électriques. Au lieu de prendre un rayon ordinaire, il opère avec un rayon polarisé, au lieu d'agir directement sur ce rayon au moyen d'un aimant, il le soumet à l'influence du magnétisme pendant qu'il traverse un prisme de verre dans le sens de sa longueur. Ce prisme terminé par deux bases carrées et parallèles, dont les faces sont bien polies, et qui sont celles par lesquelles le rayon polarisé pénètre et ressort, est lui-même placé entre les pôles d'un électro-aimant, de manière que sa longueur, et par conséquent la direction du rayon transmis, soient parallèles à la ligne qui joint les pôles magnétiques. Enfin le rayon polarisé, en sortant du prisme de verre, n'arrive à l'œil qu'après avoir traversé un prisme de Nicol servant d'analyseur. C'est également en traversant un premier prisme de Nicol avant de pénétrer dans le prisme de verre que le rayon de lumière est polarisé ; il peut l'être de toute autre manière.

On sait qu'en tournant le prisme analyseur d'un certain angle on arrive à éteindre le rayon polarisé de manière que la tache brillante est remplacée par une tache noire. Si après avoir effectué cette opération on fait passer un fort courant électrique à travers le fil qui entoure l'électro-aimant, la tache noire disparaît et la brillante reparaît. Alors en tournant encore un peu dans le même sens le prisme analyseur on éteint de nouveau le rayon lumineux, mais cette extinction cesse dès qu'on supprime l'action magnétique en interrompant le courant qui aimantait l'électro-aimant. L'action du magnétisme consiste donc simplement à faire tourner d'un certain angle le plan de polarisation et à donner artificiellement au verre,

pendant qu'il est sous l'influence magnétique, une propriété que certaines substances, telles que le quartz et l'essence de térébenthine, possèdent naturellement.

Les substances transparentes peuvent toutes, sauf les gaz, mais à des degrés divers, servir de *medium* au magnétisme pour agir sur le rayon polarisé. Mais celle au moyen de laquelle cette influence se manifeste le mieux, est le verre pesant d'une couleur jaunâtre (borosilicate de plomb) que Faraday avait obtenu dans ses recherches expérimentales sur la fabrication du verre d'optique. Il se trouvait avoir sous la main plusieurs échantillons de ce verre, et c'est en utilisant un de ces échantillons pour faire l'expérience que nous venons de décrire, qu'il découvrit la rotation magnétique du plan de polarisation : phénomène qui lui aurait probablement échappé s'il s'était servi au début de verre ordinaire. Ainsi, les longs et pénibles travaux auxquels il s'était jadis livré sans grand succès, pour trouver un verre propre à la fabrication des lunettes, ne furent pas perdus pour la science, puisqu'ils lui facilitèrent les moyens de l'enrichir de l'une de ses plus belles découvertes.

Etudions maintenant d'un peu plus près le nouveau phénomène afin d'en mieux faire saisir toute l'importance. Quelques substances, avons-nous dit, possèdent naturellement la propriété de faire tourner d'un angle plus ou moins grand le plan de polarisation d'un rayon polarisé qui les traverse ; les unes le font tourner à droite de l'observateur, les autres à sa gauche. La découverte de Faraday consiste en ce que l'influence du magnétisme ou celle des courants électriques, développe chez presque toutes les substances transparentes cette même propriété, avec cette différence que le sens de la rotation du

plan de polarisation ne dépend que de la position des pôles magnétiques ou du sens des courants par rapport à la substance transparente. La loi consiste en ce que si le pôle nord de l'électro-aimant est placé du côté de l'observateur qui reçoit le rayon dans son œil, et par conséquent le pôle sud du côté par lequel le rayon polarisé entre dans la substance, la rotation du plan de polarisation a lieu pour l'observateur de gauche à droite ; elle a lieu de droite à gauche si l'on change la direction du courant et par conséquent le sens de l'aimantation. On peut remplacer l'action de l'aimant par celle d'une hélice dans l'axe de laquelle on place la substance transparente ; on observe très-bien encore dans ce cas la rotation du plan de polarisation dès qu'on transmet à travers le fil de l'hélice un courant électrique un peu fort, et le sens de la rotation est toujours le même que celui du courant.

Ainsi, tandis que dans les substances douées naturellement de la polarisation circulaire, la rotation du plan de polarisation a toujours lieu, suivant la nature de la substance, ou à droite ou à gauche de l'observateur, dans l'expérience de Faraday, le sens de cette rotation ne dépend que de la direction des courants électriques ou de la position relative des pôles magnétiques, puisqu'elle est complétement indépendante de la position de l'observateur. Ces deux genres d'action ne sont donc point identiques, et on ne peut pas dire qu'on détermine par l'influence de l'aimant ou de l'électricité, chez tous les corps transparents, la même propriété exactement que possèdent naturellement certaines substances. Faraday fait bien ressortir cette différence par une expérience qui consiste à faire réfléchir intérieurement, au moyen d'un artifice ingénieux,

sur les surfaces extrêmes du prisme, le rayon polarisé une ou plusieurs fois avant de le laisser sortir, ce qui double, triple, quadruple, suivant que le rayon est réfléchi une fois, deux fois, trois fois, l'angle de rotation du plan de polarisation ; mais lorsque, au lieu de la polarisation rotatoire magnétique, il s'agit de la polarisation rotatoire naturelle, le résultat est tout différent, le retour du rayon réfléchi neutralisant l'effet qu'avait éprouvé le rayon direct en cheminant dans une direction inverse : dans ce cas, l'angle de rotation du plan de polarisation d'un rayon réfléchi deux fois et qui, par conséquent, a traversé trois fois la substance transparente, n'est pas plus grand que celui d'un rayon qui ne l'a traversée qu'une fois.

Le phénomène général et si inattendu découvert par Faraday est jusqu'ici resté inexpliqué, malgré bien des recherches et malgré surtout les travaux si persévérants et si remarquables de M. Verdet.

Il n'a pas même été possible de le rattacher à quelque autre propriété des corps, quoique chaque substance ait son pouvoir magnétique rotatoire spécifique. Faraday, cependant, en a tiré une conséquence générale qui l'a conduit à une autre découverte ; cette conséquence, c'est que le magnétisme agit sur tous les corps puisque tous les corps transparents peuvent assez se modifier sous son influence pour acquérir, à des degrés divers il est vrai, un pouvoir qu'ils ne possèdent pas par eux-mêmes. La découverte à laquelle je viens de faire allusion, c'est que, de même que l'aimant agit par attraction sur les corps magnétiques, de même il agit par répulsion sur tous les autres corps de la nature. Il en résulte que, tandis qu'une tige de fer ou d'une autre substance magnétique, se place, quand elle est suspendue entre les pôles d'un électro-aimant, *axia-*

lement, c'est-à-dire parallèlement à la ligne qui joint les pôles, un prisme de verre pesant, le même, par exemple, qui a servi aux expériences sur la lumière, se place *équatorialement*, c'est-à-dire transversalement à cette même ligne. Une tige de bismuth est dans le même cas, et ce métal est, avec le verre pesant, la substance sur laquelle cette action répulsive de l'aimant est la plus prononcée : mais tous les corps de la nature qui ne sont pas magnétiques (et ce sont de beaucoup les plus nombreux) présentent la même propriété, seulement à des degrés divers. Aussi Faraday arrive-t-il à classer tous les corps sous deux chefs : ceux qui sont magnétiques ou *paramagnétiques*, comme il les nomme, tels que le fer, le nickel, etc., et ceux qui sont *diamagnétiques*, tels que le bismuth, l'antimoine, le verre pesant, etc. Le caractère des premiers c'est d'être attirés par l'aimant, celui des seconds c'est d'en être repoussés. Il est vrai que cette répulsion, pour être sensible, exige une puissance magnétique énorme, même lorsqu'il s'agit des corps dont le diamagnétisme est le plus prononcé, tandis qu'un aimant très-faible est suffisant pour accuser son action sur les corps magnétiques tels que le fer, l'acier, le nickel, etc.

Il fallait donc des moyens très-énergiques tels que Faraday en avait employés pour découvrir le diamagnétisme. Cependant un amateur distingué des sciences, M. Lebaillif de Paris, avait déjà, en 1828, montré qu'un morceau de bismuth et un morceau d'antimoine repoussent d'une manière évidente une aiguille aimantée délicatement suspendue, quand on les approche de l'un ou de l'autre pôle de cette aiguille, aussi près que possible, sans cependant la toucher. M. Faraday ignorait cette circonstance quand il publia son premier travail sur le diamagnétisme ; je

lui en fis part immédiatement en lui indiquant le journal où j'avais publié l'expérience de M. Lebaillif dont j'avais été témoin moi-même dans le temps. Il accueillit ma réclamation de la manière la plus aimable et ne tarda pas à reconnaître, avec sa loyauté ordinaire, la priorité de M. Lebaillif pour le cas du bismuth et de l'antimoine.

Il est, dans les recherches nombreuses que Faraday consacra (1845 à 1855) au diamagnétisme et en même temps au magnétisme, quelques points importants que je dois signaler. Il découvrit l'influence remarquable qu'exerce sur ce genre de propriété la constitution moléculaire des corps et en particulier la cristallisation. Il montra, par exemple, qu'une lame cristallisée de bismuth ou d'antimoine peut se placer entre les pôles d'un électro-aimant axialement comme un corps magnétique, aussi bien qu'équatorialement, et que celle des deux positions qu'elle prend dépend de la manière dont elle est suspendue par rapport au sens de son clivage. Il chercha à étudier la force mise en jeu dans cet ordre de faits, qu'il nomme force *magnécristalline*, tandis que Plucker, de son côté, en étendait le champ par ses belles et nombreuses recherches sur la manière dont les cristaux se dirigent entre les pôles d'un électro-aimant, et que Tyndall, le digne successeur de Faraday à l'Institution royale, analysait par ses ingénieuses expériences le phénomène dans sa généralité, et réussissait à le rattacher d'une manière parfaitement satisfaisante, aux lois qui régissent le magnétisme et le diamagnétisme. Plus tard Tyndall parvenait encore à démontrer par une expérience décisive que le diamagnétisme est dû, comme le magnétisme, à une polarité que détermine l'influence de l'aimant dans le corps diamagnétique, avec cette différence seulement qu'au lieu

de pôles contraires, ce sont des pôles homonymes que développent les pôles de l'aimant. Ainsi tombaient toutes les autres explications plus ou moins hasardées qu'on avait cherché à donner du diamagnétisme.

Un autre point qui mérite de fixer l'attention, c'est l'étude que fit encore Faraday du magnétisme et du diamagnétisme des gaz. Il arriva à ce résultat curieux, observé également en même temps par Edmond Becquerel, que, seul de tous les gaz, l'oxygène est magnétique et qu'il l'est même d'une manière très-prononcée, tandis que tous les autres gaz sont diamagnétiques. Considérant la place considérable que l'oxygène occupe dans la composition de notre atmosphère, il essaya d'expliquer par les propriétés magnétiques de ce gaz combinées avec les variations de la température, le phénomène des variations diurnes de l'aiguille aimantée en le suivant sur toutes les parties de la surface du globe. Il nous est impossible de ne pas regretter un peu le temps considérable qu'il consacra à cette étude, d'autant plus qu'il nous paraît bien probable que ce n'est pas dans l'action de l'atmosphère, mais bien plutôt dans celle de la terre elle-même ou peut-être, même dans celle du soleil, qu'il faut chercher la cause de tous les phénomènes que présente l'aiguille aimantée.

Enfin un troisième point qu'il nous reste à signaler, c'est tout ce qui concerne l'étude du champ magnétique et de ce que Faraday nomme les lignes de force magnétique. Suivant lui, il n'existe pas, comme nous avons eu l'occasion de le faire remarquer, d'action à distance ; par conséquent, le champ magnétique, c'est-à-dire l'intervalle compris entre deux pôles magnétiques rapprochés comme ceux d'un électro-aimant en fer à cheval, est un milieu d'où

émanent en chacun de ses points, des forces dont la distribution et la direction sont indiquées par l'arrangement si régulier qu'affecte la fine limaille de fer placée dans cet intervalle. Les lignes qu'il nomme lignes de force magnétique deviennent ainsi visibles et même tangibles. Elles n'en existent pas moins lors même qu'on ne les voit pas. et ce sont les déplacements ou les modifications qu'elles éprouvent par la présence d'un corps pondérable dans le milieu où elles se trouvent, qui amènent tous les effets si remarquables dont le champ magnétique est le lieu. Tel est en peu de mots le point de vue de Faraday sur cette question particulière.

Nous passons sous silence une foule de détails intéressants, soit sur la polarité diamagnétique, soit sur la distinction à établir entre les corps magnétiques et les diamagnétiques, soit sur la relation possible entre la pesanteur et l'électricité. Faraday revient encore en 1850 sur cette question qu'il avait déjà abordée précédemment, mais sans succès; on voit que c'est à regret qu'il est obligé de renoncer à découvrir cette relation que par deux fois il a cherchée; mais, avec sa bonne foi ordinaire, il reconnaît que. quoiqu'il soit convaincu qu'elle existe, il n'a pu trouver aucun fait qui l'établisse. Si l'expérience qu'il sait si bien consulter, lui a constamment répondu négativement, ne serait-ce pas que son point de vue n'était pas juste, et son erreur ne provenait-elle point de ce qu'il se faisait sur la transformation des forces des idées trop vagues, ne tenant pas assez compte que c'est le travail opéré par la force et non la force elle-même qu'il faut considérer dans ce genre de questions ?

V

Nous venons de passer en revue les principaux travaux de Faraday ; il ne nous reste plus, pour compléter cette notice, qu'à chercher à nous faire une idée du caractère spécial de ces travaux et de l'influence qu'ils ont exercée sur la marche de la science.

Le premier caractère qui nous frappe, c'est leur nombre. Ce que Faraday a publié de mémoires de 1820 à 1855 est incroyable. Et que serait-ce, si, à côté des expériences multipliées qu'il a fait connaître, on mettait en parallèle celles auxquelles il n'a jamais donné de publicité. Il est vrai que, s'il les a laissées enfouies dans son journal, c'est qu'elles lui avaient donné des résultats négatifs ; mais que d'essais infructueux et de fausses tentatives il aurait épargné aux savants, s'il n'avait pas été si discret.

Un second caractère, c'est l'exactitude dans les résultats obtenus ; je ne crois pas que Faraday ait été une seule fois pris en défaut, tant sa manière d'expérimenter et d'observer était précise et consciencieuse. Il faut dire que la main chez lui secondait merveilleusement la tête : il était d'une adresse remarquable et avait un talent pratique, rare et précieux chez les hommes de science, pour construire et modifier au besoin lui-même, ses appareils en vue d'atteindre plus sûrement le résultat cherché.

Un troisième caractère d'un tout autre ordre et d'une bien plus grande valeur, c'est l'originalité même des travaux de Faraday. Disciple de Davy, tout en laissant percer des traces de l'école d'où il sort, surtout dans le

choix des sujets qu'il traite, il ne suit aveuglément ni la méthode, ni les errements du maître, et ne tarde pas, en sortant de l'ornière battue, à se frayer une voie à lui. Quelle est cette voie, me demandera-t-on ? Ce n'est pas très-facile à dire ; je vais cependant le tenter.

La physique, au commencement de ce siècle, avait pris, grâce aux travaux importants dont elle avait été l'objet, un caractère de précision et de netteté qui semblait presque en faire une science mathématique. Le beau Traité en quatre volumes, de Physique expérimentale et mathématique, publié en 1816 par M. Biot, donne l'idée la plus exacte et la plus complète du point où en était arrivé cette science. A la confusion qui régnait encore au milieu du dix-huitième siècle, entre les diverses parties de la science, à l'ignorance dans laquelle on était encore plongé sur un grand nombre de ces parties, succédait une analyse claire, substantielle de tous les phénomènes ramenés à des lois simples et rigoureuses. La chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, y étaient considérés comme autant d'agents distincts, ayant leurs propriétés spéciales, obéissant à leurs lois propres. Le calcul se prêtait admirablement bien à ce genre de conceptions claires et précises ; aussi en faisait-on grandement usage ; témoin le titre même du Traité de M. Biot.

La grande découverte d'Oersted, en 1820, sur les rapports entre l'électricité et le magnétisme, commença à diminuer la confiance qu'on avait dans cette manière de considérer les phénomènes, confiance déjà bien ébranlée par les travaux de Fresnel et d'Arago sur la lumière. Une fois la brèche ouverte, on ne tarda pas à pénétrer dans la place, et parmi les assaillants les plus intrépides, Faraday figure au premier rang. Par ses travaux sur la

condensation des gaz, il montre qu'il n'y a rien d'absolu dans les lois de Mariotte et de Gay-Lussac et dans la distinction si généralement admise entre les vapeurs et les gaz permanents. Par ses recherches sur l'électricité voltaïque, il établit entre l'affinité chimique et la production de l'électricité une relation si intime qu'il semble que l'une n'est plus qu'une forme de l'autre. Par sa découverte de l'induction, il fait entrer le mouvement mécanique comme un élément important dans la production des phénomènes électriques. Par son expérience sur l'influence de l'aimant et de l'électricité sur la lumière polarisée, et par celles qui en ont été la conséquence, il ouvre à la science une voie nouvelle que personne n'avait entrevue. Il parvient ainsi à créer entre les agents de la nature que nous nommons lumière, chaleur, électricité, magnétisme, affinité chimique, attraction moléculaire, des rapports si intimes, une connexion telle, qu'il est impossible de ne pas croire qu'on arrivera un jour à démontrer qu'ils ne sont que les différentes formes d'un même agent. Sans doute, il n'a pas été le seul à marcher dans cette voie. Bien d'autres ont apporté leur contingent à cette œuvre de démolition et de reconstruction ; mais il a été l'un des premiers, l'un des plus actifs et l'un des plus persévérants. Aussi ses travaux, je n'en doute pas, seront toujours considérés comme des pierres d'angle dans le nouvel édifice qu'on cherche à construire maintenant.

Je viens de dire à dessein *qu'on cherche à construire*, car gardons-nous de croire qu'il soit déjà construit. Depuis la belle découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur, il semble que tout est dit, et que tout s'explique facilement au moyen seulement d'une matière pondérable, d'un éther impondérable et d'une impulsion mécanique.

Des vulgarisateurs de la science, plus empressés à faire de l'effet qu'à rester fidèles à la vérité scientifique, proclament un système du monde moléculaire destiné à faire le pendant de la Mécanique céleste de Laplace. Suivant eux, rien n'est plus simple, rien n'est plus clair, l'attraction elle-même qui a été l'objet de l'étude de tant d'esprits supérieurs, n'est que l'effet d'une impulsion facile à comprendre. Dangereuse illusion qui, si elle venait à se propager, serait aussi funeste aux vrais progrès de la science que contraire à son utile diffusion, car c'est surtout à ceux qui s'attribuent le beau mandat de vulgariser la science qu'il incombe impérieusement le devoir de ne répandre que des idées justes et fondées.

N'exagérons rien cependant, et ne refusons pas aux idées trop absolues que nous venons de combattre, la part de vérité qu'elles peuvent renfermer. Dans ce but essayons, en terminant, de préciser en peu de mots le point où en est, suivant nous, dans l'état actuel de la science, la question importante de l'unité des forces.

Après avoir longtemps arrêté les progrès des sciences par des considérations abstraites et générales sur les phénomènes de la nature, les philosophes avaient fini par adopter avec Galilée, la méthode expérimentale, la seule qui pût conduire sûrement à la découverte de la vérité. Une analyse rigoureuse et savante, mise au service de cette méthode, avait donné des résultats certains et fondamentaux. Revenant à une phase de synthèse, bien des esprits supérieurs cherchent maintenant à reconstruire, au moyen de ces matériaux longuement et péniblement entassés, l'édifice qu'on avait essayé jadis en vain d'élever. Sans doute, la science est entrée ainsi dans une voie féconde,

mais c'est à condition d'y marcher à pas sûrs et, par conséquent, à pas lents. On parle de l'unité de la force, de la transformation des forces les unes dans les autres : mais sait-on bien ce que c'est que des forces, connaît-on leur nature ? On a constaté, il est vrai, des transformations de mouvement, on a montré qu'un travail peut se changer en un autre travail, le mouvement mécanique en chaleur, la chaleur en mouvement mécanique : ce sont là sans doute des points importants acquis à la science, et qui permettent d'entrevoir l'existence d'une cause unique se manifestant sous des formes diverses. Mais il y a loin de là à la découverte de cette cause, de cette force unique. Y parviendra-t-on une fois, c'est possible, c'est même probable, et dans ce cas le nom et les travaux de Faraday demeureront toujours associés à la solution de l'un des plus grands problèmes que puisse se proposer l'esprit humain.

Genève, le 15 octobre 1867.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

P. Desains. — Recherches sur l'absorption de la chaleur obscure. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, septembre 1867, p. 406.)

Dans la séance du 27 mai dernier j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie les résultats d'une série d'expériences relatives à l'action absorbante que plusieurs liquides volatils et leurs vapeurs exercent sur la chaleur venue d'une lampe à cheminée de verre.

Il résulte de ces expériences que pour la chaleur dont il s'agit et les substances sur lesquelles j'opérais, l'absorption satisfait à une loi très-simple, savoir : que pour chacune de ces substances une colonne de section et de poids déterminés exerce une absorption indépendante de l'état physique du milieu qui la constitue. La colonne liquide est très-courte, la colonne gazeuse est très-longue, mais elles produisent le même effet.

Il me paraissait important de chercher si cette égalité subsiste encore dans le cas où les rayons sont beaucoup plus absorbables que ne le sont ceux d'une lampe à double courant, déjà transmis à travers une épaisseur de verre considérable ; si elle subsiste, par exemple, dans le cas où le rayonnement émanerait d'une lame de cuivre noircie chauffée à 400 degrés environ.

Mais une difficulté tout expérimentale se présentait alors. Cette chaleur obscure est trop absorbable par le verre pour qu'on puisse songer à employer les appareils à fermeture de verre dont je faisais usage dans mes recherches précédentes. Le sel gemme, il est vrai, a permis à M. Tyndall d'obtenir

de bonnes fermetures, parfaitement transparentes pour la chaleur obscure. Mais, quoiqu'il ne faille pas s'exagérer les craintes que peut donner la facilité avec laquelle ce corps absorbe l'humidité de l'air, il m'a paru préférable de chercher à me mettre à l'abri de tout danger de ce côté: et, heureusement, j'ai trouvé chez M. H. Soleil de très-beaux échantillons de spath fluor incolore qui m'ont été fort utiles.

Les expériences de Melloni indiquaient que sous une épaisseur de 2 millimètres ce corps laisse passer environ 50 pour 100 de la chaleur venue d'une lame de cuivre noircie chauffée à 400 degrés.

Je l'ai employé à fermer mes tubes et à former les lentilles et les auges dont je devais me servir, et, grâce à son emploi, j'ai pu constater que sur la chaleur venue d'une lame noire chauffée environ à 400 degrés, l'éther exerce des absorptions qui sont toujours indépendantes de l'état physique sous lequel ce corps se présente. Cette absorption est considérable et s'élève environ à 92 pour 100 pour une couche d'éther liquide de $0^{m},0017$ d'épaisseur à 25 degrés. Dans tous les cas, qu'on prenne l'éther à l'état liquide ou à l'état de vapeur, l'action absorbante est la même pourvu que le nombre de molécules actives que le rayon rencontre sur la route soit le même.

Ce caractère de l'absorption que les corps diathermanes étudiés en ce travail exercent sur la chaleur, se présente sous bien des formes différentes. Ainsi, par exemple, en opérant sur le gaz de l'éclairage, j'ai pu constater que, dans un tube déterminé, un poids constant de ce gaz exerce une action complétement indépendante de la quantité d'air plus ou moins grande avec laquelle on le mêle. Avec la quantité d'air introduite change la pression du fluide élastique intérieur; mais pourvu que rien ne sorte du tube, l'absorption reste invariable. On sait que l'action absorbante de l'air est si faible, qu'on peut la négliger complétement. Enfin, en comparant dans plusieurs conditions les actions absorbantes exercées

par des colonnes de gaz d'éclairage ayant même section et même poids, j'ai constaté que ces actions étaient les mêmes, quoique les longueurs des colonnes et leurs densités fussent très-différentes.

Les tubes fermés par des plaques de spath fluor me paraissent destinés à rendre de véritables services dans la démonstration des lois de l'absorption de la chaleur obscure.

Dans mes expériences, l'action rhéométrique produite par le rayonnement obscur, transmis à travers un tube de $0^m.64$ plein d'air, était de 20 degrés: il descendait à 11 degrés quand j'employais le tube de gaz de l'éclairage à la pression de $0^m.760$. Avec la vapeur d'éther l'action est incomparablement plus grande: un tube de longueur moitié suffirait pour la rendre très-sensible.

Qu'il me soit permis d'ajouter en finissant que des auges à liquide, fermées par des plaques de spath fluor sont, à cause de leur inaltérabilité, très-commodes à employer dans l'étude de l'absorption par les liquides. En en faisant usage, j'ai constaté que le chlorure de carbone liquide est, à épaisseur égale, plus facilement traversé par la chaleur obscure que ne l'est le sulfure de carbone lui-même.

Le chloroforme présente une diathermanéité assez grande, mais moindre que les précédentes. La benzine et la glycérine au contraire, sous une épaisseur de $0^m.01$, arrêtaient d'une façon sensiblement complète la chaleur venue de lame de cuivre noircie chauffée à 400 degrés.

CHIMIE.

W.-B. Giles. Action du permanganate de potasse sur quelques métaux. (*Chemical News*, 27 April 1867 ou *Zeitschrift für Chemie*, 1867, p. 412.)

Le zinc métallique peut être conservé pendant des mois dans une dissolution de permanganate de potasse sans s'y

oxyder; par contre, le mercure est rapidement attaqué et au bout de peu de temps son oxydation est complète. La dissolution se décolore et renferme alors de la potasse caustique; si l'on y ajoute une nouvelle quantité de permanganate et que l'on agite, on réussit facilement à oxyder tout le mercure. Le précipité pulvérulent consiste en oxyde brun de manganèse et en oxydule noir de mercure. L'action est beaucoup plus rapide quand on opère à l'ébullition, et dans ce cas il paraît se former une certaine quantité d'oxyde rouge de mercure.

Le permanganate de potasse agit très-faiblement sur l'argent; parfois ce métal pur a été oxydé à la surface, parfois aussi il est demeuré inaltéré. Même après plusieurs heures d'ébullition, le cuivre métallique n'est pas attaqué. L'aluminium et le magnésium ne s'oxydent pas à froid dans une dissolution de permanganate de potasse. Après une ébullition prolongée, il s'est formé une faible quantité d'oxyde brun de manganèse, tandis que la liqueur s'est légèrement décolorée. Le thallium décompose peu à peu le permanganate de potasse, déjà à la température ordinaire. M. D.

Th. Chapman et H. Smith. Action du zinc sur le chlorure de phosphore et l'iodure d'éthyle. (*Laboratory*, 13 April 1867 ou *Zeitschrift für Chemie*, 1867, p. 412.)

Dans l'espérance d'obtenir de la triphosphamine, les auteurs ont chauffé au bain-marie du zinc avec de l'iodure d'éthyle et du chlorure de phosphore dans des tubes fermés. Le contenu des tubes devint orangé et le zinc se couvrit d'un corps brun. Par le refroidissement, il se forma entre les morceaux de zinc une abondante cristallisation d'un corps orangé ou presque écarlate, lequel se redissolvait quand on chauffait les tubes. En retournant les tubes, on sépara la liqueur des morceaux de zinc et, après le refroidissement, les

cristaux se déposèrent de nouveau: on sortit ceux-ci et on les dessécha dans un courant d'acide carbonique sec. Leur analyse démontra qu'ils consistaient en *bi-oxyde de phosphore* pur. Après la séparation des cristaux et de l'eau-mère, le contenu des tubes étant traité par l'eau, donna naissance à un gaz qui était exempt de phosphore et possédait toutes les propriétés de l'hydrure d'éthyle. Il se forma en même temps une substance brune renfermant du zinc, et qui, chauffée avec de la potasse et de l'eau, dégageait de l'hydrogène phosphoré. La liqueur filtrée contenait du chlorure et une trace d'iodure de zinc. Dans cette réaction, il ne se produisit pas même des traces de triéthylphosphine. M. D.

O. Loew. Action de l'eau sur les hydrates de carbone, a des températures élevées. *(Sillim. American Journal* (2) 43, p. 371 ou, en extrait, *Zeitschrift für Chemie*, 1867 p. 510.)

Le sucre de cannes, chauffé à 160°, avec de l'eau, dans un tube scellé, se décompose complétement. Il se produit de l'acide carbonique et du charbon se dépose. Presque la moitié du carbone contenu dans le sucre employé se dépose ainsi. Le contenu noir du tube a une forte réaction acide due à de l'acide formique qui peut être séparé par une distillation avec de l'eau. Cette réaction donne aussi naissance à une petite quantité d'acide humique.

Si l'on chauffe, comme il vient d'être dit, du sucre avec de l'alcool, il n'y a pas de décomposition.

A 170°, le sucre donne, avec l'eau de baryte, seulement de belles aiguilles de sucrate de baryte.

Les autres hydrates de carbone se décomposent, sous l'influence de l'eau, de la même manière que le sucre de cannes. L'amidon, la gomme, le sucre de lait étant chauffés à 170° pendant 5 heures, avec de l'eau, se décomposent en acides formique et carbonique et en charbon: c'est la gomme

qui fournit la plus forte proportion de charbon : elle donne en outre un acide particulier, peu soluble dans l'eau, mais très-soluble dans l'alcool et l'éther et dont l'auteur poursuit l'étude. M. D.

R. WEBER. SUR LES COMBINAISONS DE CHLORURE DE PLATINE ET DE CHLORURE D'OR. (*Zeitschrift für Chemie*, 1867, p. 382.)

Rogers et Bayé ont observé qu'il se forme quelquefois, lorsqu'on dissout le platine dans l'eau régale, une combinaison jaune ; celle-ci se dépose, par l'addition d'acide nitrique fumant, à l'état d'un précipité jaune qui, séparé du liquide surnageant et desséché sur une plaque de porcelaine dégourdie, en présence d'acide sulfurique, forme une poudre jaune-brunâtre, déliquescente, se dissolvant dans l'eau avec production de vapeurs rutilantes : cette combinaison renferme $PtCl^2 + AzO^2Cl + HO$. Traitée par la potasse, elle ne donne pas de bi-oxyde d'azote ; mais la solution, ajoutée à une solution acide d'iodure de potassium, met de l'iode en liberté.

M. Weber a également analysé des cristaux de chlorure de platine traité par de l'acide chlorhydrique dans le but de le débarrasser des composés nitrés ; ces cristaux renfermaient $PtCl^2 + HCl + 6\,aq$; ils correspondaient par conséquent au chloroplatinate de sodium $PtCl^2 + NaCl + 6\,aq$, décrit par M. Marignac. L'auteur a obtenu aussi à l'état de cristaux très-déliquescents la combinaison chlorhydrique du chlorure d'or $AuCl^3 + HCl + 6HO$; M. Marignac qui a fait connaître le chloroaurate de sodium correspondant n'y a trouvé que $4\,HO$.

Le chlorure de magnésium ne forme pas de combinaison cristallisée avec l'acide chlorhydrique. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

J. Perez. Recherches sur l'anguillule terrestre. (*Thèse présentée à la faculté des Sciences.* Paris, 1866, 156 p. et 5 pl. et *Annales des Sciences naturelles.*)

Les recherches de M. Perez sur l'anguillule terrestre témoignent d'une très-grande exactitude d'observation et d'une connaissance bibliographique fort étendue. Quelques mémoires touchant précisément aux problèmes les plus intéressants touchés par l'auteur paraissent cependant lui être inconnus. Il flotte par suite, comme nous le verrons, un certain vague sur quelques-unes de ses interprétations.

L'animal qui fait le sujet de ce mémoire a été déterminé par l'auteur comme le *Rhabditis terricola* Duj. Il le rencontra d'abord dans des œufs de limaces, mais il reconnut bientôt qu'il ne s'agissait que d'un phénomène de pseudoparasitisme. En effet, dans les œufs intacts point de nématodes, dans les œufs crevés au contraire un grand nombre. L'albumine en décomposition les avait attirés. Il s'agit en effet d'un ver qui vit en liberté dans la terre et qui se multiplie avec une grande rapidité partout où il rencontre des matières albumineuses en décomposition. Remarquons à ce propos que M. Schneider a observé, il y a déjà quelques années, les mêmes phénomènes que M. Perez et fait les mêmes expériences que lui. M. Schneider a même reconnu qu'il existe un grand nombre d'espèces vivant dans ces conditions. Trouvant le genre Rhabditis de Dujardin imparfaitement caractérisé, il décrivit ces vers d'abord sous le nom de Pelodytes, plus tard sous ceux de Pelodera et de Leptodera. A notre avis il eût mieux fait de conserver le nom de Rhabditis pour l'un au moins de ces deux genres. Quoi qu'il en soit, les vers étudiés par M. Perez rentrent dans le genre *Leptodera* : quelques figures seulement (en particulier pl. VII, fig. 32) que M. Perez reconnaît lui-même représenter des formes

exceptionnelles appartiendraient au genre *Pelodera* Schn. Il n'est donc pas impossible que les observations de l'auteur portent en définitive sur plusieurs espèces.

Il nous est impossible de suivre M. Perez dans l'étude anatomique fort circonstanciée de ses Rhabditis. Nous ne pourrions d'ailleurs le faire sans établir un parallèle détaillé avec la belle monographie des nématodes de M. Schneider qui a paru peu de temps après le mémoire de M. Perez et dont nous avons déjà rendu compte. Certaines questions de morphologie cellulaire traitées avec grand soin par l'auteur, ne sauraient davantage être discutées ici : nous nous permettrons seulement de regretter que l'auteur n'ait pas pris en considération les idées de l'école cellulaire nouvelle (Lionel Beale, Brücke, Max Schultze, Hæckel, etc., etc.). En revanche, nous insisterons sur quelques observations très-intéressantes relatives au développement des Rhabditis.

Les œufs se développent et éclosent dans l'intérieur de l'utérus. Mais là ne se termine point la vie intra-utérine. Les jeunes vers y séjournent, circulant en tous sens, passant d'une matrice à l'autre et augmentant graduellement de volume. Ils ne trouvent guère pour se nourrir que les débris des œufs qu'ils ont abandonnés, et les mucosités sécrétées par la paroi. Mais cela ne peut leur suffire. Ils pénètrent dans le tube ovigère lui-même, les ovules crèvent et deviennent leur proie. Enfin, les jeunes individus finissent par rompre la paroi de l'ovaire et par pénétrer dans la cavité splanchnique elle-même. C'en est fait dès lors de la mère ; elle meurt dévorée vivante par sa progéniture. La nouvelle génération abandonne alors ce cadavre par la bouche et la vulve. Une partie seulement des embryons gagne plus tôt l'extérieur à la suite d'une parturition normale. Peu de temps avant la publication du mémoire de M. Perez, MM. Leuckart et Mecznikoff faisaient connaître des phénomènes tout semblables chez les Rhabditis appartenant au cycle d'évolution de l'*Ascaris nigrovenosa*. Les observations faites à peu près si-

multanément, d'une manière toute indépendante, dans deux pays différents, garantissent réciproquement leur exactitude.

M. Perez a été très-frappé de ce que, dans certaines circonstances, ces Rhabditis se multiplient pendant plusieurs générations sans qu'il soit possible de rencontrer un seul mâle. Il en conclut que les femelles de cette espèce sont aptes à se reproduire par voie parthénogénésique. Nous devons regretter que M. Perez n'ait pas eu connaissance des observations faites par M. Schneider sur ses Pelodytes, observations dont les *Archives* ont rendu compte il y a quelques années. Chez ces vers, qui appartiennent dans tous les cas au genre Rhabditis de Dujardin, M. Schneider a vu les femelles se reproduire pendant une série de générations sans le secours de mâles. Cependant, une étude attentive de ces prétendues femelles lui ayant fait reconnaître l'existence normale de zoospermes dans le boyau sexuel, il conclut à l'hermaphrodisme de ces Nématodes. Les femelles parténogénésiques de M. Perez ne seraient-elles pas analogues aux Pelodytes hermaphrodites de M. Schneider ou même spécifiquement identiques avec eux ? Cette question est surtout intéressante en présence du débat qui a surgi récemment entre MM. Leuckart et Mecznikoff, d'une part, et M. Schneider d'autre part au sujet du développement de l'*Ascaris nigrovenosa*. Les deux premiers considèrent en effet les Rhabditis sexués comme alternant avec une génération d'Ascarides parthénogénésiques dépourvues de mâles ; M. Schneider admet au contraire l'alternance d'une génération à sexes séparés (Rhabditis) avec une génération hermaphrodite (Ascarides). Sans doute le mémoire de M. Perez se laisse interpréter plutôt dans le sens de M. Leuckart : l'auteur a vu se succéder de nombreuses générations de femelles parthénogénésiques entre lesquelles venaient s'intercaler de temps à autre des générations munies de mâles. Cependant, comme il paraît n'avoir pas même soupçonné l'existence de Nématodes hermaphro-

dites, on peut toujours se demander si la qualification de femelles parthénogénésiques, qu'il a appliquée à ses vers, est bien au-dessus de toute discussion. E. C.

Elias Mecznikow. Le développement des sépioles. Une brochure in-8°. Pétersbourg, 1867 (en langue russe).

Le Mémoire de M. Mecznikoff n'étant publié jusqu'ici qu'en langue russe, nous pensons devoir l'analyser d'une manière un peu circonstanciée.

Sans parler des anciens travaux de Bohadsch et de Delle Chiaje, nous possédons sur le développement des Céphalopodes un mémoire insuffisant de M. Van Beneden et un ouvrage plus important de M. Kölliker. Ce dernier, quoique plus complet, ne comble pas encore toutes les lacunes.

Les œufs des Sépioles, étudiés à Naples par l'auteur, ressemblent aux œufs de poule par leur forme, sinon par leur grosseur (ils n'ont que quatre millimètres de long), et sont contenus au nombre d'une quinzaine dans un mucilage incolore. Chaque œuf n'est muni que d'une seule enveloppe; ce chorion ne paraît point répondre à la membrane externe des œufs à double enveloppe d'autres Céphalopodes (seiches, calmars), mais bien plutôt à leur enveloppe interne que M. Kölliker et d'autres ont tenue pour la membrane vitelline. Cette dernière dénomination semble inexacte, au moins chez les Sépioles, cette membrane est munie d'un micropyle et doit donc être considérée comme un chorion.

Les œufs des Sépioles sont complétement transparents, leur développement dure de 34 à 35 jours. Le chorion subit des modifications à mesure que le fœtus se développe. Il augmente de volume et son épaisseur diminue. En outre, il change de forme, et, d'ovoïde qu'il était, il devient sphérique vers la fin du développement.

L'auteur distingne trois périodes dans le développement embryogénique des Sépioles: la première, qui s'étend jusqu'à

l'achèvement du blastoderme, dure dix jours: la seconde, durant laquelle apparaissent les organes, ne dure que cinq jours: enfin la troisième, durant laquelle les organes précédemment formés se développent graduellement, dure dix-neuf à vingt jours et se termine par l'éclosion.

Première période. Le phénomène de la segmentation partielle n'a pas été étudié à son début par l'auteur. Les œufs les plus jeunes qu'il ait eus entre les mains avaient déjà le pôle pointu du vitellus couvert de cellules embryonnaires. Entre ce premier rudiment de blastoderme et le chorion, quelques gouttes de protoplasma paraissent correspondre aux prétendues cellules directrices (*Richtungsbläschen*) des Gastéropodes, des insectes, etc. Les cellules nucléées du blastoderme forment d'abord une seule couche. Elles paraissent se multiplier par division. Vers la fin du second jour le blastoderme s'est étendu de manière à couvrir les deux onzièmes du vitellus.

Au troisième jour le blastoderme se divise en deux feuillets superposés. Cette stratification paraît résulter d'une division transversale des cellules primitives. Les deux feuillets sont semblables au point de vue de l'épaisseur, mais dans chacun l'épaisseur va en diminuant vers les bords du blastoderme.

Dans la suite de cette période, les bords du blastoderme s'étendent graduellement sur le vitellus. Ils en enveloppent déjà la moitié vers le huitième jour, et au dixième ils se rejoignent au pôle supérieur de l'œuf, en l'enveloppant entièrement. La rapidité de l'accroissement dans ces deux derniers jours s'explique par la différence d'épaisseur des différentes parties du blastoderme. En effet, la région inférieure, correspondant au futur embryon, présente une épaisseur bien plus grande que la partie supérieure, qui doit devenir le vésicule vitelline ou ombilicale. Pendant toute la durée de cette première période, chacun des feuillets du blastoderme n'est formé que d'une seule couche de cellules. Celles-ci sont susceptibles d'exécuter des mouvements amobéens très-caractérisés.

Seconde période. Dès le commencement de cette période, les cellules du feuillet externe de la partie supérieure du blastoderme se couvrent de cils vibratiles dont le mouvement produit une rotation de l'embryon. En même temps le blastoderme s'épaissit dans sa région inférieure (surtout le feuillet interne), et le fœtus commence à se distinguer de la vésicule vitelline placée au-dessus. Bientôt un épaississement du blastoderme à contour ovale apparaît de chaque côté du corps, un peu au-dessous de l'équateur du vitellus. Ces renflements, qui appartiennent essentiellement au feuillet externe et qui sont très-distincts dès le second jour, sont les rudiments des yeux. A la même époque, apparaît d'un des côtés de l'œuf un petit repli du feuillet externe, repli qui ne tarde pas à s'étendre tout autour de l'embryon et constitue le rudiment du manteau. Au second jour se montre aussi la bouche, du côté ventral, comme une fosse en forme de fer à cheval. Puis naissent les branchies, les deux premières paires de bras et les organes de l'ouïe. Tous ces organes se forment principalement aux dépens du feuillet interne, le feuillet externe leur servant seulement d'enveloppe protectrice. Au troisième jour de cette période, le rudiment du manteau présente du côté dorsal un épaississement partiel du feuillet externe, correspondant au point qui servira plus tard à la sécrétion de l'*os Sepiae*.

A cette époque, l'embryon est étranglé en son milieu par une ligne de démarcation qui le divise en deux parties : l'inférieure est le fœtus proprement dit, la supérieure comprend les bras et la vésicule vitelline. Les deux feuillets de cette vésicule s'éloignent l'un de l'autre, tout en restant unis entre eux par des fibres très-fines qui sont vraisemblablement des prolongements des cellules du feuillet interne.

Au quatrième jour apparaissent le tubercule anal et le rudiment du siphon (infundibulum). Ce dernier est formé de deux bandes distinctes, inclinées de 45 degrés vers l'équateur et divergeant du haut en bas. Ces bandes sont des épais-

sissements du feuillet interne : le feuillet externe les recouvre simplement, sans prendre part à leur formation. Le canal intestinal, les sacs acoustiques, les yeux, le manteau s'accusent avec une netteté croissante. si bien que vers la fin de la seconde période le fœtus présente déjà la forme caractéristique des Céphalopodes. A cette époque apparaissent aussi les nageoires, la troisième paire de bras, les centres nerveux et artériels.

Au cinquième jour l'étranglement entre le fœtus et le vésicule vitelline est devenu beaucoup plus profond. Cette dernière commence à effectuer des mouvements alternatifs de contraction et d'expansion de ses deux feuillets. Ces mouvements sont dus à des fibres très-minces semblables à celles que M. Mecznikoff a fait connaître dans l'amnios du scorpion. Au-dessous de la vésicule vitelline, on voit proéminer ces deux parties cylindriques qui forment les parties latérales proprement dites de l'embryon, c'est-à-dire celles que M. Kölliker avait désignées sous le nom de *sinus céphaliques*. Leur région externe est divisée en deux parties dont la supérieure renferme les yeux et les ganglions ophthalmiques, tandis que l'inférieure contient les cartilages et les branches latérales du vitellus de nutrition. Plus en arrière, on voit le manteau et les parties du corps revêtues par lui. Le fœtus se termine en bas par les deux nageoires assez saillantes. Au cinquième jour, où le nombre des bras n'est encore que de trois paires, aucun de ces appendices n'est encore pourvu de ventouses.

A la fin de cette seconde période, les deux moitiés du siphon se rapprochent et se soudent en un organe impair ; la partie postérieure du canal intestinal (indépendante de l'antérieure) se divise en deux cavités, le rectum et la poche à encre, dont les parois sont formées aux dépens du feuillet externe ; les deux péricardes apparaissent, d'abord comme des masses solides, immédiatement au-dessous des branchies ; l'œil s'entoure d'une couche de pigment dans laquelle on

découvre, à l'aide d'un fort grossissement, de nombreux nucléus incolores; enfin le manteau se couvre de petits tubercules ornés de cils vibratiles. A l'aide de ces cils, aussi bien qu'à l'aide du vêtement ciliaire de la vésicule vitelline, l'embryon exécute des mouvements de rotation continuels qui persistent jusqu'à la fin du développement embryonnaire.

Le vitellus de nutrition présente dans sa partie inférieure une saillie correspondant au manteau: en outre, il envoie deux prolongements dans les sinus céphaliques, sous les ganglions optiques. L'auteur nie que ce vitellus soit entouré de la membrane propre décrite par M. Kölliker

Troisième période. Durant cette période l'apparition d'organes nouveaux joue un rôle tout à fait secondaire. Le phénomène essentiel est le développement et le changement de proportion des organes existant déjà à l'état rudimentaire. Nous n'avons en effet guère à signaler que l'apparition de la quatrième paire de bras vers le commencement de la seconde moitié de cette période, et celle de la cinquième paire vers la fin de la même période. Le vitellus de nutrition passe peu à peu dans le corps du fœtus, et il finit par ne plus représenter qu'une sorte de verrue sur la tête, entre les bases des bras. Ce vitellus externe communique avec celui de l'intérieur du corps par l'intermédiaire d'une mince bandelette qui passe par un petit orifice placé au-dessous de la bouche. Au moment de l'éclosion, ce dernier vestige du vitellus externe passe en entier dans l'intérieur du corps.

Dans cette dernière période a lieu l'organisation de la peau, formée d'abord de deux couches de cellules l'une représentant le derme, l'autre l'épiderme. Dans la première apparaissent bientôt les chromatophores, d'abord immobiles, puis changeant de forme sous l'influence de fibres musculaires qui se développent vers le milieu de cette période. C'est aussi à cette époque qu'on voit apparaître de petits granules très-réfringents qui formeront plus tard par leur réunion l'os dorsal. Pendant cette troisième période se forment les car-

tilages aux dépens du feuillet blastodermique interne. Les cartilages oculaires sont les premiers à se former. C'est aussi le moment de la formation des ventouses des bras. Le système nerveux se différencie davantage et les ganglions étoilés apparaissent.

Au premier jour de la troisième période, l'enveloppe de l'œil se divise en deux feuilles dont l'externe seule présente un orifice central. Le cristallin a d'abord la forme d'un petit bâton attaché aux rudiments du corps ciliaire. C'est un corps homogène, provenant du durcissement des sécrétions du corps ciliaire (comme l'a déjà montré M. Hensen). Vers la fin de cette période il se forme une espèce de cornée: en même temps on voit apparaître dans la tunique argentée un grand nombre de fibres très-fines produisant les phénomènes d'interférence caractéristiques. L'auteur réfute l'opinion de M. Kölliker, d'après laquelle les organes de l'ouïe apparaîtraient sous forme de corps compactes et solides. Il prétend que, chez les Sépioles, la formation de ces organes offre un parallélisme complet avec ce que nous savons de leur développement chez les vertébrés. Quant à l'organe de l'odorat, il n'apparaît qu'après l'éclosion: il en est de même des rudiments des organes générateurs.

Les deux feuillets blastodermiques qui jouent un rôle si important dans le développement des sépioles, ont reçu de M. Mecznikoff les noms de feuillet épithélial (l'externe) et de feuillet parenchymateux (l'interne). L'auteur n'ajoute pas un sens absolu à ces termes, puisque les membranes épithéliales des vaisseaux se forment au dépens du feuillet interne. On peut dire que le feuillet épithélial donne naissance à l'enveloppe de tout le corps, aux cartilages, aux organes des sens à ceux de la digestion (pharynx excepté) et à la poche à encre. La couche intérieure donne naissance aux muscles, au système nerveux, à la masse du pharynx et au système des vaisseaux. Ces deux feuillets correspondent exactement, selon M. Mecznikoff, à ceux que ce savant a décrits chez les embryons de scorpions.

On voit, d'après ce qui précède, que la formation du système nerveux des Sépioles ne saurait être parallélisée avec celle de ce même système chez les vertébrés. En revanche la formation de la peau et des organes des sens chez les Sépioles s'effectue comme chez les vertébrés aux dépens du feuillet épithélial. Les observations de Hensen sur les poulets semblent aussi autoriser un parallélisme entre la formation du squelette interne chez les Sépioles et celle de la corde dorsale chez les vertébrés. Le canal intestinal des Sépioles se produit en majeure partie aux dépens du feuillet épithélial, ce qui n'est pas le cas ordinaire chez les vertébrés. Cependant chez l'Amphioxus, d'après M. Kowalewsky, le canal intestinal serait formé par une invagination du feuillet épithélial. M. Mecznikoff repousse toute homologie entre le pied des Céphalophores et le siphon (*infundibulum*) des céphalopodes. Il admet tout aussi peu l'hypothèse de M. Hæckel d'après laquelle les ptéropodes seraient des ancêtres immédiats des céphalopodes[1].

[1] Ne possédant pas moi-même la langue russe, j'ai dû faire cet extrait d'après une traduction due à l'obligeance d'un Russe peu familiarisé avec les sciences naturelles. J'espère cependant que, malgré cette circonstance défavorable, il ne s'est pas glissé d'erreur importante dans ce compte rendu. E. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1867.

Le 1er, forte rosée le matin; hâle jusqu'à 9 ½ h. du matin; éclairs à l'Est le soir.
2, forte rosée le matin; hâle jusqu'à 10 ½ h. du matin.
3, rosée le matin; éclairs au SE. dans la soirée.
4, rosée le matin; hâle toute la matinée.
6, forte rosée le matin.
8, id. hâle le matin jusqu'à 8 ½ h.
9, hâle toute la matinée.
10, couronne lunaire dans la soirée; rosée le soir.
11, épais brouillard le matin jusqu'à 6 h.
12, rosée le matin; hâle toute la matinée.
13, rosée; couronne lunaire et faible halo lunaire dans la soirée.
15, éclairs et tonnerres de 7 h. 10 m. à 8 h. du matin; forte averse à 7 ½ h. qui, dans 10 minutes, a donné 2mm,3; direction de l'orage de l'O. à l'ENE. Un second orage suivant la même direction éclate de 9 ¾ à 10 h. du matin. Dans l'après-midi, vers 4 ½ h., on entend encore quelques coups de tonnerre à l'Est.
16, halo solaire de 11 ½ h. à midi ¾.
19, éclairs et tonnerres de 10 h. du soir à minuit; l'orage passe de l'Ouest à l'Est, et atteint sa plus grande intensité vers 11 ½ h. du soir.
20, éclairs à l'Ouest et au NO. dans la soirée.
21, rosée le matin.
23, forte rosée le matin.
25, la bise se lève avec force dans la nuit du 24 au 25 et elle souffle avec une grande violence jusque dans la nuit du 26 au 27; c'est dans l'après-midi du 25 et dans la nuit du 25 au 26 que l'intensité a été la plus grande.
28, forte rosée le matin; hâle toute la journée.
29, forte rosée le matin.
30, id.

Variations extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 8 h. matin...	730,67	Le 4 à 4 h. après-m..	726,15
7 à 10 h. soir.....	732,72	9 à 6 h. soir.....	726,28
11 à 8 h. matin...	729,41	13 à 4 h. après-m..	726,35
14 à 8 h. matin...	730,18	15 à 6 h. matin...	728,58
15 à 10 h. matin ..	730,46	17 à 6 h. soir....	723,67
18 à 10 h. soir....	729,60	20 à 6 h. soir.....	727,54
23 à 8 h. matin...	733,51	24 à 2 1/2 h. apr.-m.	726,88
29 à 8 h. matin...	736,43		

GENÈVE. — SEPTEMBRE 1867.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale.	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	728,04	+ 0,55	+20,44	+4,07	+14,4	+26,9	13,92	+3,74	781	+ 33	490	950	...	..	N. 1	0,26	...	...	201
2	729,84	+ 2,38	+21,28	+5,02	+15,0	+29,1	12,91	+2,76	705	— 46	440	950	...	..	variable	0,07	20,8	+ 2,7	198
3	729,69	+ 2,26	+20,94	+4,79	+15,2	+26,2	13,40	+3,29	736	— 18	530	930	...	..	variable	0,36	20,0	+ 2,0	198
4	726,92	— 0,48	+21,36	+5,32	+17,1	+26,2	12,94	+2,86	696	— 60	470	940	...	..	SSO. 1	0,64	20,3	+ 2,3	197
5	729,15	+ 1,79	+18,62	+2,70	+15,2	+23,5	12,11	+2,07	783	+ 24	580	930	...	..	variable	0,62	...	...	197
6	729,19	+ 1,86	+17,28	+1,48	+11,0	+22,9	11,43	+1,43	772	+ 11	600	960	...	..	N. 1	0,40	19,8	+ 2,0	196
7	731,75	+ 4,45	+20,83	+5,15	+15,8	+26,3	10,04	+0,08	577	—187	400	760	...	..	SO. 1	0,08	20,3	+ 2,5	195
8	730,69	+ 3,42	+18,34	+2,78	+10,2	+27,2	10,06	+0,14	663	—104	340	950	...	..	variable	0,01	...	...	194
9	728,09	+ 0,86	+19,91	+4,48	+12,2	+28,0	11,34	+1,46	671	— 98	380	830	...	..	SO. 1	0,21	19,8	+ 2,2	192
10	727,50	+ 0,30	+18,67	+3,37	+15,2	+24,8	13,12	+3,28	828	+ 56	580	970	1,3	1	variable	0,61	20,1	+ 2,5	191
11	728,17	+ 1,00	+17,26	+2,10	+11,6	+23,0	11,89	+2,09	816	+ 42	570	1000	...	..	N. 1	0,32	20,1	+ 2,6	190
12	727,70	+ 0,56	+18,97	+3,94	+12,7	+28,4	13,12	+3,37	800	+ 23	600	990	...	..	N. 1	0,16	20,2	+ 2,8	189
13	727,40	+ 0,29	+19,89	+5,00	+13,7	+25,2	12,86	+3,16	747	— 33	550	950	...	..	variable	0,16	20,8	+ 3,5	186
14	729,77	+ 2,70	+21,65	+6,90	+18,9	+25,5	13,07	+3,42	699	— 83	530	830	...	..	SSO. 1	0,67	20,3	+ 3,1	186
15	729,66	+ 2,62	+16,31	+1,70	+15,8	+20,2	13,73	+4,13	989	+204	910	1000	35,8	13	variable	0,99	...	...	188
16	729,22	+ 2,21	+16,54	+2,06	+13,2	+21,9	10,81	+1,26	806	+ 19	600	980	...	..	NNE. 1	0,82	19,7	+ 2,6	190
17	726,91	— 0,07	+10,92	—3,43	+10,8	+17,0	9,35	—0,15	986	+196	700	1000	22,8	16	NNE. 2	0,99	19,2	+ 2,2	190
18	726,55	— 0,40	+13,30	—0,91	+10,2	+16,5	9,79	+0,34	862	+ 69	770	880	0,4	2	N. 1	0,99	18,9	+ 2,0	190
19	728,61	+ 1,70	+15,94	+1,86	+13,0	+21,0	10,60	+1,20	789	— 6	610	880	7,5	5	N. 1	0,72	19,1	+ 2,3	191
20	728,26	+ 1,38	+15,46	+1,51	+13,0	+19,9	10,44	+1,09	820	+ 22	610	940	...	..	N. 1	0,80	19,1	+ 2,4	191
21	729,22	+ 2,37	+15,13	+1,33	+10,5	+20,0	10,03	+0,74	795	— 5	530	970	7,9	7	N. 1	0,53	19,3	+ 2,7	191
22	730,67	+ 3,85	+15,88	+2,23	+12,8	+21,5	10,37	+1,14	795	— 8	550	990	...	..	variable	0,56	...	...	191
23	732,42	+ 5,63	+15,65	+2,14	+ 9,0	+23,0	9,59	+0,42	736	— 69	480	970	...	..	S. 1	0,00	18,8	+ 2,4	187
24	728,58	+ 1,82	+12,25	—1,11	+ 9,2	+17,6	8,52	—0,59	843	+ 36	580	990	15,5	6	SSO. 2	0,87	18,7	+ 2,4	183
25	727,61	+ 0,88	+ 9,52	—3,69	+ 9,0	+12,0	5,59	—3,46	663	—146	310	710	...	..	NNE. 3	0,53	16,1	— 0,1	190
26	730,00	+ 3,30	+ 9,93	—3,13	+ 7,9	+13,3	5,75	—3,24	655	—156	540	690	...	..	NNE. 3	0,33	15,7	— 0,4	190
27	732,73	+ 6,06	+ 7,64	—5,27	+ 5,5	+12,5	5,50	—3,43	734	— 79	510	880	...	..	N. 1	0,13	15,8	— 0,2	182
28	733,90	+ 7,25	+ 8,90	—3,85	+ 1,4	+15,9	6,59	—2,28	777	— 38	530	990	...	..	variable	0,00	15,8	— 0,1	172
29	735,71	+ 9,09	+ 9,47	—3,13	+ 3,2	+16,3	6,43	—2,38	748	— 69	440	1000	...	..	N. 1	0,14	...	...	169
30	732,55	+ 5,95	+11,43	—1,02	+ 3,6	+20,4	8,06	—0,69	799	— 20	550	980	...	..	variable	0,01	15,8	— 0,2	166

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,48	729,72	729,64	729,18	728,75	728,39	728,49	729,10	729,27
2 «	728,22	728,70	728,80	728,50	728,09	727,63	727,68	728,09	728,13
3 «	731,62	732,00	731,91	731,31	730,82	730,75	731,01	731,68	731,83
Mois	729,77	730,14	730,12	729,67	729,22	728,92	729,06	729,62	729,74
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+15,45	+19,05	+21,79	+23,81	+24,25	+24,61	+22,71	+19,74	+17,53
2e «	+14,21	+16,00	+17,64	+19,32	+19,88	+19,54	+18,35	+17,25	+16,21
3e «	+ 7,89	+10,28	+13,23	+14,97	+16,03	+15,78	+13,84	+11,66	+10,10
Mois	+12,52	+15,11	+17,56	+19,36	+20,05	+19,98	+18,30	+16,22	+14,61
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,68	12,55	12,42	12,19	12,06	11,79	12,37	13,05	12,49
2e «	11,01	11,90	11,67	11,64	11,81	11,63	12,18	12,19	11,51
3e «	7,07	7,72	7,85	7,80	8,04	7,64	7,96	8,19	7,97
Mois	9,92	10,72	10,65	10,54	10,63	10,35	10,84	11,14	10,66
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	885	762	639	559	547	522	610	757	836
2e «	906	877	777	714	697	702	781	822	834
3e «	872	810	678	606	587	569	661	786	847
Mois	888	816	698	626	610	598	684	788	839

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+14,13	+26,11	0,33	20,16	1,3	196,0
2e «	+13,29	+21,86	0,66	19,71	66,5	189,1
3e «	+ 7,21	+17,25	0,31	17,00	23,4	182,1
Mois	+11,54	+21,74	0,43	18,92	91,2	189,1

Dans ce mois, l'air a été calme 7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,59 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 11°,4 O., et son intensité est égale à 29,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1867.

Le 4, brouillard le matin et le soir. Dans la nuit du 3 au 4 il y a eu un orage, avec pluie, éclairs et tonnerres.
5, brouillard de 8 à 10 h. du matin et de 6 à 8 h. du soir.
13, id. à 6 h. du matin.
16, id. de 2 à 4 h. de l'après-midi.
17, id. à 10 h. du soir.
18, id. à 8 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
19, id. toute la journée.
20, id. jusqu'à 8 h. du matin.
21, id. la plus grande partie de la journée.
22, id. jusqu'à 4 h. du soir.
24, id. depuis 8 h. du soir.
25, id. jusqu'à 4 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. matin...	573,49	Le 5 à 8 h. matin...	569,48
7 à 10 h. soir....	573,59	10 à 6 h. matin...	568,75
14 à 8 h. soir....	572,64	18 à 6 h. matin...	564,44
18 à 10 h. soir....	568,63	20 à 6 h. matin...	567,19
23 à 10 h. matin...	571,81	25 à 6 h. matin...	561,74
29 à 8 h. soir....	572,83		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	571,31	+ 3,50	570,50	572,07	+ 9,52	+ 4,79	+ 6,5	+12,7	.....	.....	.....	SO. 1	0,17
2	572,89	+ 5,14	572,15	573,43	+10,27	+ 5,63	+ 7,1	+13,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,34
3	573,00	+ 5,31	572,77	573,49	+11,24	+ 6,69	+ 9,0	+15,1	.....	.....	.....	variable	0,36
4	570,95	+ 3,32	570,04	572,09	+ 8,10	+ 3,64	+ 7,7	+ 9,9	.....	.....	.....	SO. 2	0,99
5	569,64	+ 2,07	569,48	570,01	+ 5,47	+ 1,40	+ 4,7	+ 7,9	.....	14,2	8	NE. 1	0,87
6	570,51	+ 3,01	569,59	571,64	+ 9,16	+ 4,89	+ 4,8	+12,6	.....	1,4	2	calme	0,09
7	572,71	+ 5,28	571,99	573,59	+ 9,25	+ 5,08	+ 6,5	+12,4	.....	.....	.....	variable	0,17
8	572,06	+ 4,70	571,93	572,39	+ 9,29	+ 5,22	+ 5,6	+12,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,02
9	570,79	+ 3,50	570,47	571,31	+ 9,37	+ 5,40	+ 6,8	+12,7	.....	.....	.....	NE. 1	0,38
10	569,23	+ 2,01	568,75	569,98	+ 6,33	+ 2,46	+ 4,8	+ 9,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,76
11	570,08	+ 2,93	569,70	570,55	+ 8,04	+ 4,28	+ 4,5	+11,3	.....	2,9	2	SO. 1	0,21
12	570,92	+ 3,84	570,40	571,43	+ 8,55	+ 4,90	+ 6,0	+11,9	.....	.....	.....	SO. 1	0,59
13	571,61	+ 4,61	571,08	572,25	+ 8,55	+ 5,01	+ 7,0	+10,7	.....	.....	.....	SO. 1	0,50
14	572,34	+ 5,42	571,92	572,64	+ 9,48	+ 6,05	+ 7,6	+12,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,81
15	570,61	+ 3,76	570,18	571,19	+ 8,25	+ 4,93	+ 6,5	+10,1	.....	.....	.....	SO. 1	0,98
16	568,53	+ 1,75	568,09	569,08	+ 5,94	+ 2,74	+ 3,7	+ 8,2	.....	.....	.....	NE. 1	0,72
17	565,65	— 1,05	564,62	566,94	+ 3,71	+ 0,63	+ 3,2	+ 6,5	.....	37,5	19	variable	1,00
18	566,92	+ 0,30	564,44	568,63	+ 4,65	+ 1,69	+ 4,3	+ 5,0	.....	22,3	10	SO. 2	1,00
19	568,19	+ 1,65	567,91	568,56	+ 2,58	— 0,25	+ 2,3	+ 4,4	.....	.....	.....	SO. 1	0,97
20	567,59	+ 1,13	567,19	567,96	+ 2,95	+ 0,24	+ 1,8	+ 6,0	.....	.....	.....	SO. 1	0,66
21	568,72	+ 2,34	567,97	569,24	+ 2,03	— 0,56	+ 1,8	+ 4,2	.....	10,9	8	SO. 1	0,99
22	569,78	+ 3,48	568,91	570,81	+ 3,16	+ 0,70	+ 2,2	+ 4,7	.....	4,4	5	SO. 1	0,99
23	571,51	+ 5,29	571,34	571,81	+ 5,83	+ 3,50	+ 2,0	+ 9,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,24
24	565,58	— 0,56	562,82	568,51	+ 2,06	— 0,14	— 3,6	+ 8,3	.....	1,8	2	NE. 3	0,77
25	563,89	— 2,17	561,74	566,05	— 2,66	— 4,73	— 4,8	+ 1,0	.....	.....	.....	NE. 2	0,71
26	566,74	+ 0,76	565,97	567,60	+ 2,03	+ 0,09	— 0,6	+ 5,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,04
27	568,27	+ 2,37	567,26	569,42	+ 0,96	— 0,85	— 2,8	+ 5,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,02
28	570,29	+ 4,47	569,32	571,33	+ 2,74	+ 1,07	— 0,4	+ 5,2	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
29	572,11	+ 6,37	571,17	572,83	+ 2,38	+ 0,85	+ 0,4	+ 4,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,20
30	571,29	+ 5,64	570,46	572,03	+ 6,55	+ 5,16	+ 3,2	+ 9,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,02

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	571,14	571,34	571,48	571,39	571,24	571,23	571,26	571,63	571,71
2e «	568,97	569,33	569,47	569,51	569,29	569,20	569,17	569,47	569,42
3e «	568,40	568,74	569,01	568,98	568,86	568,82	568,94	569,08	569,17
Mois	569,50	569,81	569,99	569,96	569,80	569,75	569,79	570,06	570,10
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,79	+ 9,17	+ 9,85	+11,45	+11,31	+10,60	+ 9,20	+ 8,39	+ 7,79
2e «	+ 5,01	+ 6,55	+ 7,05	+ 7,83	+ 8,21	+ 7,75	+ 7,20	+ 6,14	+ 6,04
3e «	+ 1,04	+ 2,18	+ 3,78	+ 5,15	+ 5,05	+ 3,71	+ 3,02	+ 2,51	+ 1,48
Mois	+ 4,28	+ 5,97	+ 6,89	+ 8,14	+ 8,19	+ 7,35	+ 6,47	+ 5,68	+ 5,10

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 6,35	+12,00	0,41	18,5	—
2e «	+ 4,69	+ 8,64	0,74	59,8	—
3e «	— 0,26	+ 5,77	0,40	17,1	—
Mois	+ 3,59	+ 8,80	0,52	95,4	—

Dans ce mois, l'air a été calme 26 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 5,2 sur 100.

* Voir la note du tableau

REMARQUES SUR LA SECONDE ÉDITION

DE LA

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA SUISSE

DE

MM. STUDER ET ESCHER DE LA LINTH

PAR

ERNEST FAVRE

Licencié ès-Sciences.

L'ouvrage de M. Studer intitulé *Geologie der Schweiz* (1851-1853) et la Carte[1] que ce savant et M. Escher de la Linth ont publiée en 1853, sont les œuvres dans lesquelles la géologie de la Suisse a été traitée, jusqu'à ce jour, de la manière la plus complète. Ces travaux, entièrement originaux, ont rendu à la science d'importants services. La *Géologie de la Suisse* est encore journellement consultée, mais la Carte vient d'avoir une nouvelle édition[2]. Celle-ci présente sur la première l'avantage d'une typographie beaucoup plus nette et d'un meilleur choix de couleurs. Quoiqu'elle soit à une petite échelle, elle renferme de nombreux détails. Elle n'est plus seulement l'œuvre de deux géologues parcourant nos montagnes

[1] B. Studer et A. Escher de la Linth, Carte géologique de la Suisse, 1853. Échelle $^1/_{380000}$.

[2] B. Studer et A. Escher de la Linth, Carte géologique de la Suisse 2me édition revue et corrigée par Is Bachmann, 1867. Échelle $^1/_{380000}$. Cette carte sort, comme la précédente, du bel établissement topographique de MM. Wurster, Randegger et Cie, à Winterthur.

le marteau à la main; leurs travaux anciens et récents y tiennent naturellement une large place, mais toutes les recherches faites par d'autres savants depuis 1853 y sont représentées. M. Is. Bachmann, de Berne, en a combiné les divers éléments sous la direction de MM. Studer et Escher. On reconnaît dans cette nouvelle édition d'importantes modifications, dont nous allons essayer de rendre compte en examinant successivement les Alpes, le Jura et la Plaine suisse. Nous n'avons pas cependant l'intention de mentionner tout ce qui a été écrit depuis quinze ans[1] sur la géologie de la Suisse, et nous laisserons de côté l'orographie, l'étude des roches et de leur origine et les travaux de paléontologie pure.

I. Les Alpes.

Le résultat des observations des savants autrichiens, de M. Escher[2] et de M. Studer dans le *Vorarlberg* et dans la partie la plus occidentale du *Tyrol*, avait déjà été consigné sur la carte de 1853. Dès lors, les recherches de MM. Escher et Mérian[3] sur la formation de St-Cassian, celles de M. Richthofen[4] et d'autres ont encore contribué à nous éclairer sur la géologie compliquée de cette région. Aussi observe-t-on dans la distribution des couleurs bien plus de précision et de conformité avec l'orographie du pays. Les nombreux massifs de verrucano, les grandes masses triasiques du Muschelkalk et surtout

[1] Nous ne parlerons pas des travaux antérieurs à 1853.

[2] Escher de la Linth, Mém. de la Soc. helvét. des Sciences natur., tome XIII, 1853.

[3] Bulletin de la Soc. géol. de France, 2me série, t. XII, 1045.

[4] Verh. der k. k. Reichsanstalt, X, 1859.

du keuper, la formation de St-Cassian, les gypses et les dolomies, enfin l'infralias (couches de Kössen et calcaire du Dachstein) ont attiré en première ligne l'attention des géologues. Ce dernier terrain, qui forme dans la chaîne des Alpes un horizon important, n'était pas indiqué dans la carte primitive. Au-dessus se développe la série des terrains secondaires, parmi lesquels le lias se fait remarquer par la richesse de sa faune. Les terrains crétacés (néocomien, gault et craie supérieure) atteignent un beau développement, ainsi que le terrain tertiaire inférieur représenté par le terrain nummulitique et le flysch.

La géologie des *Grisons* a fait depuis quelques années des progrès importants. M. Théobald, professeur à Coire, a colorié géologiquement les feuilles X, XV et XX de la carte fédérale qui ont été publiées par la Commission géologique suisse[1]. Ce magnifique travail, exécuté dans un pays difficile et peu connu, a été reproduit dans la carte dont nous nous occupons. Malgré toutes les incertitudes qui résultent de l'étude de roches formées en grande partie de schistes sans fossiles, de nature très-variée et profondément modifiés au contact des roches érup-

[1] La Commission géologique publie des *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*. La plupart des feuilles coloriées se publient à l'échelle de $^1/_{100000}$ d'après la carte fédérale du général Dufour; quelques-unes, cependant, sont exécutées à $^1/_{50000}$ d'après des cartes cantonales. Voici les travaux qui ont déjà paru :

I. Alb. Müller, Geognostische Skizze des Cantons Basel und der angrenzenden Gebiete; avec une carte à $^1/_{50000}$, 1862. — II. Theobald, Graubünden, 2 vol., 1864-1866, et carte des Grisons (feuilles X, XV et XX de la carte fédérale). — III. Mœsch, der Argauer Jura, 1867 (feuille III de la carte fédérale). — IV. Jos. Kaufmann, Geol. Beschreibung des Pilatus; avec un atlas, 1867; carte à $^1/_{50000}$. — Jaccard, Carte du Jura neuchâtelois et vaudois, à $^1/_{100000}$, paraîtra prochainement.

tives, M. Théobald croit avoir déterminé la position relative de presque tous les terrains. Nous allons exposer en quelques mots sa classification :

De grandes masses de granit, de roches éruptives, de gneiss, de schistes talqueux, amphiboliques, etc., forment le noyau de la chaîne centrale. Sur eux reposent les *schistes de Casanna*, schistes argileux, micacés ou talqueux, qui commencent la série des terrains de sédiment. Ils correspondent, d'après M. Théobald, à ce que M. A. Favre a nommé, en Savoie, schistes cristallins, et paraissent être une forme métamorphique des terrains houiller, dévonien et silurien. Quoique leur étendue soit très-grande, on n'y a observé aucune trace organique, sauf quelques nids de graphite.

Ce terrain est recouvert de pierre ollaire (*Lavezstein*) et des *schistes de Malenco*.

Au-dessus se trouvent les *schistes verts*, presque toujours liés à des serpentines, des gabbros et des diorites ; ils présentent une grande variété de nature et de couleurs et sont associés tantôt à des grès plus ou moins fins, tantôt à des conglomérats micacés, talqueux ou amphiboliques. M. Théobald les considère, ainsi que les schistes de Malenco, comme paléozoïques métamorphiques, et les distingue des schistes des Grisons, qui sont probablement jurassiques.

Le *verrucano* et au-dessus de lui le *servino*, formés, le premier de conglomérats et de grès grossiers rouges, le second de schistes jaunes ou verts, correspondent aux grès bigarrés.

Le *Muschelkalk* est subdivisé en :

Calcaire inférieur de Guttenstein (Muschelkalk inférieur), composé de schistes gris, de cargneule, de calcaire et de dolomie.

Schistes rubannés (Streifenschiefer), schistes argileux sans fossiles.

Calcaire de Virgloria (Muschelkalk supérieur), bon horizon géognostique, formé de calcaires dolomitiques noirs ou gris et de calcaires argileux renfermant quelques bivalves.

Le *Keuper* contient les étages suivants :

Couches de Partnach, schistes marneux et calcaires, caractérisés par l'Halobia Lommelii (partie inférieure de la formation de St-Cassian).

Calcaire de l'Arlberg (horizon du calcaire de Hallstadt), calcaires et dolomies presque sans fossiles, transformés en marbres cristallins à la Bernina et à Malenco.

Couches de Lunen (Lünerschichten, partie moyenne de la formation de St-Cassian, couches de Raibl des géologues autrichiens), surmontées de cargneule avec gypse, renfermant plusieurs espèces de fossiles : Myophoria elongata, v. Hauer, Pecten filosus, v. Hauer, Perna Bouei, etc.

Grande dolomie (Hauptdolomit), dolomie grise atteignant par places plusieurs milliers de pieds de puissance.

Couches de Kössen, schistes marneux foncés se désagrégeant facilement. On y recueille l'Avicula contorta, la Gervillia inflata, Schl., etc. Cet horizon est important pour la détermination du lias et du trias alpins.

Calcaire du Dachstein, calcaire gris renfermant le Megalodon triqueter.

Le *terrain jurassique inférieur* contient deux étages :

Calcaire rouge du lias (Rotherliaskalk), calcaire d'Adneth.

Schistes de l'Allgau (Allgauschiefer), se rencontrant en Bavière, dans le Vorarlberg et le Tyrol, où ils renferment les Ammonites bifrons, A. serpentinus, A. radians, etc.

Ils comprennent probablement les *schistes des Grisons* (Bündnerschiefer) de MM. Escher et Studer, schistes argileux, calcaires ou sableux, dans lesquels on a reconnu une empreinte d'ammonite falcifère, une bélemnite, etc.

Le *terrain jurassique supérieur* est représenté par les schistes calcaires du Fläschberg, du Falkniss, etc., où l'on a trouvé une Bélemnite et une Ammonites biplex.

Le *terrain crétacé* couvre une faible étendue, et se voit dans le massif du *Calanda*. On y reconnait les étages néocomien et urgonien, le gault et la craie. Enfin, le *terrain éocène* se montre sur la rive gauche du Rhin.

Tel est, d'une manière fort abrégée, le résultat des beaux travaux de M. Théobald. Malgré tout leur mérite et le soin avec lequel ils ont été exécutés, les progrès de la science apporteront probablement des modifications à la classification des terrains les plus anciens et spécialement de ceux que ce savant géologue regarde comme ayant été soumis au métamorphisme.

Parmi les travaux relatifs à la géologie du *versant italien des Alpes*, on peut citer ceux de MM. Sismonda, Pareto, Curioni, Brunner, Stoppani [1], Omboni, Stabile [2], Lavizzari [3], de Zigno, de Hauer, Benecke [4], quelques notes de MM. Renevier, Mérian, de Mortillet, etc.

Les roches triasiques, qui atteignent un magnifique développement dans les environs des lacs italiens et jusque dans le Bergamasque, reposent sur les micaschistes et le gneiss souvent associé aux roches amphiboliques. Plu-

[1] Studii geologici e paleontologici sulla Lombardia, 1858.— Paléontologie lombarde.

[2] Actes de la Soc. helvét. des Sciences natur., années 1854, 1856 et 1860.

[3] Escursioni nel cantone Ticino, 1859.

[4] Beiträge..... Munich, 1866.

sieurs savants, et en particulier M. Stoppani, ont décrit les fossiles du Monte S. Salvatore, du Bergamasque, du val Trompia, de l'Azzarola et des environs d'Esino. Le lias, caractérisé par une faune très-riche, occupe aussi une grande étendue; le marbre rouge d'Arzo est sinémurien; celui de Saltrio représente le lias moyen; le calcareo ammonitico rosso d'Erba et de plusieurs autres localités appartient au lias supérieur. La majolica, classée longtemps dans le terrain oxfordien, paraît en grande partie néocomienne. Ces terrains sont recouverts de l'étage crétacé supérieur et de la formation nummulitique.

Signalons encore au sud de Sondrio, dans la vallée de l'Adda, une large bande de terrain houiller marquée sur la carte de 1853 comme schiste gris d'âge indéterminé et verrucano.

A l'ouest des lacs italiens, la nouvelle carte introduit peu de modifications dans les grandes masses de granit, de porphyre rouge, de schistes cristallins, de serpentine, de schistes gris et verts, qui forment le versant sud des Alpes. Un illustre géologue berlinois, M. Schlagintweit[1], a fait des observations intéressantes dans les Alpes du Mont-Rose.

Le *Valais* est, depuis plusieurs années, le théâtre des recherches de M. Gerlach. Ce que nous en connaissons nous fait espérer que la géologie si difficile des grandes montagnes de cette région sera bientôt éclaircie. La carte indique, sur la rive gauche du Rhône, une bande de terrain houiller et une grande masse de dolomie et de calcaire cristallin, qui sera probablement classée dans le terrain triasique.

[1] Neue Untersuchungen über die physicalische Geographie und die Geologie der Alpen, 1854.

La *chaîne des Alpes suisses* qui, de l'extrémité orientale du lac de Genève, s'étend jusqu'aux bords du Rhin, a été depuis quinze ans l'objet de nombreuses recherches dues principalement à MM. Studer [1], Escher de la Linth [2], Renevier [3], Kaufmann [4], Brunner von Wattenwyl [5], Bachmann [6], Lardy, de Fellenberg, K. Mayer [7], Fischer-Ooster, Morlot, De la Harpe, A. Muller, Gilliéron, etc. Les belles publications paléontologiques de M. Ooster [8] ont aussi puissamment contribué à l'étude des terrains des Alpes.

Le centre de la chaîne est formé de granit, de gneiss, de micaschistes et de schistes amphiboliques. M. A. Favre a découvert l'Eozoon Canadense du terrain laurentien du Canada dans des calcaires serpentineux intercalés dans le gneiss des flancs de la Jungfrau. Sur cette masse centrale s'appuient les terrains sédimentaires. Le terrain houiller ne joue qu'un rôle peu important; le trias est faiblement représenté. Les terrains jurassique, crétacé et nummuli-

[1] Bulletin de la Société géol. de France, 2me série, XII, 570; XIII, 146; XIV, 287. — Archives, Bibl. Univ., XV, 289. — Actes de la Soc. helvétique, 1863, p. 39. — Plus anciennement, Geologie der westl. Schweizeralpen, 1834.

[2] Actes Soc. helv., années 1854, 1857, 1861, 1862, 1866, 1867.

[3] Notices géologiques et paléontologiques sur les Alpes vaudoises : Infra-lias et étage rhætien dans les Alpes vaudoises. Bull. de la Soc. vaud. des Sc. natur., VIII, 39. — Sur le massif de l'Oldenhorn et le col du Pillon. Bull. de la Soc. vaud., VIII, 272. — Sur les environs de Cheville. Bull. de la Soc. vaud., IX, 105. — Voyez aussi, Bull. de la Soc. vaud., IV, 204, 261. — Actes de la Soc. helv., 1861, 1862, 1864.

[4] Voyez la note 1 de la page 203.

[5] Nouveaux mémoires de la Société helv., XV, 1857.

[6] Berner Mittheilungen, 1863.

[7] Actes de la Soc. helv., années 1863, 1865.

[8] Catalogue des Céphalopodes fossiles des Alpes suisses, 1857-1863. Pétrifications remarquables des Alpes suisses (Brachiopodes, 1863; Échinodermes, 1865).

tique forment au-dessus des précédents une zone qui, des Alpes vaudoises, s'étend au sud des lacs de Thoune et de Brientz jusque dans l'Unterwald, en comprenant les sommités des Diablerets, de l'Oldenhorn, du Wildhorn, du Faulhorn, les montagnes de l'Oberland bernois et celles des Petits Cantons. Le lias, qui manque dans le voisinage des terrains primitifs, se retrouve dans des chaînes plus éloignées; le terrain jurassique est surtout représenté par l'oolithe inférieure et moyenne. Une autre zone, formée des terrains secondaires et tertiaires, séparée de la précédente par le grand dépôt éocène du flysch, comprend la Dent de Jamant, la Dent de Lys, les montagnes de Gruyère, les massifs du Stockhorn, du Hohgant, de la Schrattenfluh et du Pilate. Les étages jurassiques, et particulièrement le lias, sont très-développés entre le lac de Genève et celui de Thoune. On a découvert récemment près de Wimmis dans le Simmenthal, une faune corallienne qui est digne d'attirer l'attention des paléontologistes. Les terrains néocomien et urgonien, le gault, la craie supérieure et le flysch se voient sur le versant nord des montagnes de cette zone, et constituent en majeure partie le massif compris entre les lacs de Thoune et de Lucerne.

Ces formations calcaires, si importantes dans la géologie de la Suisse, se prolongent, d'un côté, à travers la Savoie et les montagnes de la Grande-Chartreuse jusqu'aux environs de Grenoble: de l'autre, par les Alpes de Schwytz, de Glaris et d'Appenzell, jusque dans le Vorarlberg, en constituant les masses de la Frohnalp, du Pfannstock, du Glarnisch, des Churfirsten et du Sentis. Le verrucano est très-développé au sud du lac de Wallenstadt. Le trias et les terrains secondaires et tertiaires forment la plus grande

partie de ces montagnes. Les bouleversements y sont si grands que, sur un espace de 10 kilomètres, le verrucano, roche évidemment ancienne, repose sur les couches nummulitiques. Ce massif a, depuis quinze ans, attiré spécialement l'attention de M. Escher.

La carte de MM. Studer et Escher comprend aussi la *Savoie*. Cette partie des Alpes, dont la constitution a semblé pendant longtemps différente de celle du reste de la chaîne, a été étudiée avec beaucoup d'activité. La géologie de ce pays a subi de grandes modifications auxquelles ont contribué les recherches de MM. Studer [1], Sismonda [2], A. Favre [3], Lory, Pillet, Vallet, Stoppani, de Mortillet [4], Fournet, Hébert et Renevier [5], etc. En 1862, M. Sismonda et M. Favre ont publié chacun une carte géologique; celle de ce dernier savant a été reproduite dans la carte de MM. Studer et Escher. M. Lory a annoncé dernièrement la publication d'une nouvelle carte de Savoie, et M. Favre vient de faire paraître une description géologique de ce pays. Peu de contrées ont excité des discussions plus vives et plus générales; elles semblent s'être maintenant calmées, et voici les faits principaux qui depuis quelques années ont été acquis à la science :

1° Le *terrain anthracifère*, longtemps confondu avec

[1] Les travaux de M. Studer sur la Savoie sont presque tous antérieurs à la première édition de la carte. Actes de la Soc. helv., 1845. — Neues Jahrb. Leonhard u. Bronn, 1847. — Geologie der Schweiz.

[2] Carte géologique de Piémont, Savoie et Ligurie, 1862, etc.

[3] Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie, 1858. — Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, 1862. — Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, etc. ; 3 vol. in-8° et un atlas, 1867.

[4] De Mortillet, Géologie et minéralogie de la Savoie, 1858, etc.

[5] Bull. de la Soc. statist. du départ. de l'Isère, 1854, t. III.

le terrain liasique, est reconnu pour être le vrai terrain houiller.

2° Le *trias*, à peine indiqué en Savoie dans la première carte géologique de la Suisse, joue maintenant un rôle important dans la constitution des Alpes; il occupe sa place normale dans la série des terrains sédimentaires et sépare le terrain carbonifère du lias. Il est composé de grès arkose, de dolomie, de cargneule, de gypse et d'argiles rouges; le grès qui est à la base, est identique par ses caractères minéralogiques au grès bigarré du midi de la France, mais il ne renferme pas de fossiles; il est quelquefois remplacé par une formation de quartzite.

3° L'*infralias*, caractérisé par l'Avicula contorta, a pris une grande importance, et a servi à la détermination du terrain triasique.

4° Les étages *jurassiques* et *crétacés* sont mieux délimités. Le lias présente la même distribution que dans les Alpes bernoises; il est plus développé dans les chaînes extérieures que dans le voisinage de la chaîne centrale, où le terrain jurassique est surtout représenté par l'oolithe inférieure. Les faunes corallienne et néocomienne du Salève, qui offrent un facies jurassien, ont été étudiées avec beaucoup de soin par M. de Loriol[1]; les couches néocomiennes des Voirons, décrites par MM. Pictet et de Loriol[2], sont analogues à celles de Châtel-Saint-Denys et du Justithal (près du lac de Thoune). Le gault[3] forme un

[1] Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage néocomien moyen du mont Salève, 1861. — A. Favre, Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, etc., ch. XIII, 1867.

[2] Matériaux pour la Paléontologie suisse, 1858.

[3] A. d'Espine et E. Favre, Archives, Bibl. Univ., XXII, 1865. — Le beau travail de M. le prof. Pictet sur les Grès verts des environs de Genève est antérieur à 1853.

horizon fossilifère très-riche, et d'autant plus remarquable qu'il s'étend presque sans interruption sur toute la chaîne des Alpes suisses et sur celle du Jura.

5° Le terrain nummulitique, le grès de Taviglianaz et le flysch constituent ensemble le *terrain tertiaire* alpin.

La carte indique des dépôts sédimentaires qui n'ont pu prendre place dans la classification générale, malgré les nombreux travaux exécutés sur la chaîne des Alpes. « C'est agir contre l'intérêt de la science, dit M. Stu- « der, que de fixer l'âge géologique d'un terrain sans « preuves positives. » On n'a pu déterminer l'époque de la formation de certaines masses de calcaire, de dolomie et de calcaire cristallin qui se trouvent dans le Valais, le Val-d'Aoste, la chaîne du Mont-Rose et les Grisons. L'âge des schistes gris et des schistes verts, qui occupent dans les Alpes une si grande étendue, n'est pas encore complétement reconnu. M. de Hauer les regarde comme primaires dans les montagnes du Salzbourg ; M. Lory les classe dans le trias, en Dauphiné; M. Gerlach a cru pouvoir établir dans les schistes gris du Valais (Graue Schiefer de M. Studer) deux subdivisions, l'une inférieure, l'autre supérieure au terrain houiller; ce fait important dénote une ressemblance entre les terrains de cette région et ceux des Grisons, où M. Studer et plus tard M. Théobald ont fait une observation analogue. La classification de ces roches est loin d'être complète, car il est difficile de distinguer celles qui paraissent triasiques de celles qui renferment des bélemnites, et qui sont évidemment jurassiques.

L'observation a fait naître sur l'origine des roches et le soulèvement des Alpes diverses théories, dont je n'ai pas à m'occuper ici; je ferai cependant remarquer qu'il

existe le long de la lisière des Alpes, des Voirons jusque dans l'Appenzell, un renversement de couches des plus remarquables[1]. Ce renversement semble lié aux deux axes anticlinaux de la molasse[2]. Le plus long d'entre eux part du centre de la Bavière, traverse la Suisse en passant par Trogen, Lucerne et Lausanne, et se retrouve en Savoie où il atteint au Salève son plus grand développement. L'autre, plus rapproché des Alpes, a été reconnu de l'Appenzell au lac de Thoune, et semble se retrouver aux Voirons. Ces deux lignes sont séparées par une ligne synclinale que la carte indique sur plusieurs points. Ces faits prouvent que le dernier soulèvement des Alpes a été postérieur à la formation de la molasse, et comme on trouve celle-ci sur les sommités du Jura, ces deux chaînes paraissent avoir subi à cette époque un dernier exhaussement.

II. Le Jura.

Dans les Alpes, le géologue est souvent arrêté au milieu de ses recherches par la rareté des fossiles et la grandeur des bouleversements; mais dans le Jura il parcourt un sol plus connu, où l'abondance des corps organisés lui permet d'étudier les lois qui président à la succession des êtres. Il y a quinze ou vingt ans, la théorie qui représente les âges de la terre comme une suite de périodes de tranquillité séparées les unes des autres par de violentes révolutions, était fort répandue ; mais, aujourd'hui, l'idée de ces bouleversements généraux a presque disparu, et l'on a vu s'abaisser de nombreuses barrières que les idées

[1] Un grand nombre d'observateurs ont décrit ces renversements. M. Studer en a étudié les causes : Archives, Bibl. Univ., 1861, XI, 5.
[2] Archives, Bibl. Univ., 1862, XIV, 217.

systématiques avaient élevées entre les faunes successives. Le développement de la série des êtres semble avoir subi peu d'interruptions, et l'on arrivera peut-être à reconnaître qu'il s'est fait d'une manière graduelle et régulière.

Les travaux de MM. Mérian, Thurmann[1], Etallon, Marcou[2], Oppel[3], Waagen[4], Desor et Gressly[5], Pictet, Campiche, de Tribolet, Benoît, Lory, Renevier[6], Escher, Heer, Alb. Müller, Mœsch[7], Lang[8], Rutimeyer, Greppin, Jaccard, de Loriol, etc., ont singulièrement fait progresser la géologie de cette région. Nous citerons particulièrement la carte du canton de Bâle, exécutée par M. Alb. Müller, celle d'Argovie, de M. Mœsch (feuille III de la carte fédérale) et celle de M. Jaccard sur le Jura neuchâtelois et vaudois, actuellement en voie de publication. Ces travaux ont été faits sous la direction de la Commission géologique suisse.

Le nombre des horizons fossilifères nouveaux dont on a établi la succession ou l'équivalence est considérable, et les faunes des horizons anciens ont été mieux étudiées. Les subdivisions des terrains jurassiques (lias, terrain jurassique inférieur, moyen et supérieur) n'ont pu être

[1] Thurmann et Etallon, Lethea Bruntrutana. Mém. de la Soc. helv., XVIII, XIX, XX, 1861-1864.

[2] Lettres sur les roches du Jura, 1860, etc.

[3] Die Juraformation, etc., 1858. — Paleontologische Beiträge.

[4] Der Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz, 1864.

[5] Études géologiques sur le Jura neuchâtelois, 1859.

[6] Études géologiques sur la Perte du Rhône. Mém. de la Soc. helv. des Sciences natur., XIV, 1854. — Bull. de la Soc. géol. de France. 2me série, XI, 114.

[7] Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg, 1867. Voyez aussi note 1, page 203.

[8] Lang, Esquisse géologique des environs de Soleure. — Lang et Rutimeyer, Die fossilen Schildkröten von Solothurn, 1866.

multipliées sur la crate géologique de 1867 à cause de la petitesse de son échelle ; la classification est restée la même que dans la première édition ; mais tandis que M. Studer admettait dans la *Géologie de la Suisse* quinze subdivisions, du lias inférieur à la base de la craie, M. Mœsch en établit maintenant vingt-neuf pour le terrain jurassique de l'Argovie.

L'étage de Purbeck, déjà connu en 1853 dans quelques parties du Jura, et rangé alors dans le terrain crétacé sous le nom de terrain wealdien, est classé aujourd'hui dans le terrain jurassique. Ce progrès est dû à MM. Desor et Gressly, à M. Renevier, et surtout à MM. de Loriol et Jaccard[1]. L'étude des terrains crétacés, inférieur et moyen, a fait des progrès notables, grâce aux travaux de M. Desor[2], qui a séparé le terrain valangien du terrain néocomien, et aux magnifiques publications de M. le professeur Pictet[3], associé à M. le Dr Campiche pour la description des environs de Sainte-Croix.

Les études de M. Greppin[4] sur le val de Delémont et celles de Gressly sur le val d'Ajoie ont éclairé la géologie stratigraphique des terrains tertiaires du Jura, et ont établi leur équivalence avec ceux de la plaine.

La formation sidérolitique (Bohnerz), placée dans la *Géologie de la Suisse* à la base des terrains crétacés, a fourni un nombre suffisant de données paléontologiques[5]

[1] Études sur les couches d'eau douce de Villers-le-Lac, 1866.

[2] Actes de la Soc. helvét., 1854, etc

[3] Matériaux pour la Paléontologie suisse. — Pictet et Campiche, Description des fossiles des terrains crétacés des environs de Sainte-Croix.

[4] Mém. de la Soc. helv., XIV, XV, 1855-1857.

[5] Greppin. Voyez la note précédente — Rutimeyer, Eocene Säugethiere aus dem schweizerischen Jura, etc.

pour montrer qu'elle est contemporaine des dépôts éocènes; MM. Pictet, Gaudin et de la Harpe [1] ont décrit les vertébrés fossiles de cet étage trouvés au Mauremont.

III. La Plaine suisse.

La géologie du pays tertiaire, déjà fort avancée en 1853, a cependant fait de nouveaux progrès. L'équivalence des couches tertiaires de ce bassin qui sépare les Alpes du Jura, est mieux établie; les faunes et les flores sont mieux connues. C'est à MM. Studer, Heer [2], Kaufmann [3], K. Mayer [4], Gaudin [5], Renevier, Morlot, De la Harpe, Rutimeyer, Pictet et Humbert [6], Deicke, etc. que l'on doit ces résultats.

Voici la manière dont M. Heer a résumé la classification du terrain miocène suisse [7]:

Miocène supérieur (molasse d'eau douce supérieure, étage œningien):

V. Formation de lignite supérieure : Œningen, Wangen, Berlingen, Beltheim, Uetliberg, Albis, Locle, Chaux-de-Fonds, etc.

Miocène moyen. Molasse marine :

IV. Étage helvétien. — *b* Molasse subalpine : St-Gall, Lucerne, Berne, Belpberg, Chaux-de-Fonds, etc. — *a* Grès coquillier : Rorbas, Buchegg, Lenzburg, Soleure, Nidau,

[1] Matériaux pour la Paléontologie suisse, 1855-1857.

[2] Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire, trad. par Ch. Gaudin, 1861. — Die Urwelt der Schweiz, 1865.

[3] Mém. de la Soc. helvét., 1860, XVII.

[4] Actes de la Soc. helvét., 1857, etc.

[5] Bull. de la Soc. vaudoise, 1855, etc.

[6] Monographie des Chéloniens de la molasse suisse.

[7] Urwelt der Schweiz, p. 277.

Fribourg, Tour de la Molière, Lausanne, Perte-du-Rhône, canton de Lucerne, etc.

Miocène inférieur (molasse d'eau douce inférieure) :

III. Molasse grise : St-Gall, Eriz, Delsberg, Moudon, Lausanne, etc.

II. Formation de lignite inférieure (étage aquitanien) : Rossberg, Monod, La Paudèze, etc. — Molasse rouge : Vevey, Ralligen, etc.

I. Étage tongrien, molasse marine de Bâle : Porrentruy, Delsberg.

M. Heer a pu nous retracer l'histoire de la Suisse aux temps miocènes par une heureuse combinaison de la paléontologie zoologique et botanique ; il a montré la forme des mers et des continents, les divers climats qui ont régné dans notre pays à cette époque, les végétaux et les animaux qui peuplaient nos contrées et les mœurs de ces derniers. Les travaux de ce savant nous fournissent une preuve de plus du grand rôle que la botanique est appelée à jouer dans l'histoire du passé, et ils sont un modèle de ce que l'induction peut obtenir dans le domaine de la science quand elle repose sur une bonne base.

L'esquisse que nous venons de tracer nous montre que les travaux géologiques sont poussés, en Suisse, avec une grande activité ; il semble que les difficultés attachées à l'étude de nos montagnes ont excité l'ardeur des géologues. La première édition de la carte de MM. Studer et Escher de la Linth a contribué à populariser la science ; le monde scientifique accueillera avec faveur la seconde édition, qui est un excellent guide pour l'étude compliquée du sol de notre pays et qui en résume très-nettement la géologie.

LA FLORE MIOCÈNE

DES

RÉGIONS POLAIRES

PAR

M. LE PROFESSEUR O. HEER [1].

Les expéditions nombreuses envoyées depuis plusieurs années dans les régions arctiques, ont été sous tous les points de vue fécondes pour la science. Les hardis navigateurs qui ont exploré les terres polaires, surmontant les plus grandes difficultés, ont fait tous leurs efforts pour rapporter tout ce qu'ils supposaient devoir offrir quelque intérêt. La géologie a eu sa part dans le résultat de leurs recherches. Un nombre considérable de végétaux fossiles provenant de ces explorations, ont été déposés dans divers musées, entre autres dans ceux de Dublin, de Londres, de Copenhague et de Stockholm. Ces précieux matériaux ont été mis à ma disposition. J'ai pu examiner ainsi une grande quantité de plantes fossiles, trouvées au nord du Canada, près du Mackenzie, sur la Terre de Banks, au Groënland septentrional, en Islande et au Spitzberg; leur étude m'a conduit à des résultats impor-

[1] M. le professeur Heer a bien voulu nous adresser pour les *Archives* un extrait d'une communication verbale qu'il a faite dans deux séances générales de la Société helvétique des Sciences naturelles réunie à Rheinfelden. En attendant que nous puissions donner un résumé général des travaux scientifiques annoncés pendant cette réunion, nous nous empressons de publier le travail de M. Heer, en lui témoignant notre reconnaissance.

tants au point de vue de la distribution des végétaux pendant les époques qui ont précédé la nôtre. J'ai pu aussi en tirer des conclusions intéressantes sur le climat dont jouissaient alors les contrées situées aux environs du pôle nord.

La flore fossile arctique, au point où en sont aujourd'hui nos connaissances, se compose de 162 espèces. Les cryptogames comptent 18 espèces, dont 9 sont de belles fougères de grande taille qui couvraient probablement le sol des forêts. On doit remarquer parmi les autres, de petites espèces de champignons qui formaient alors des taches et de petits points sur les feuilles des arbres, comme les espèces analogues le font de nos jours. Parmi les phanérogames, nous trouvons 31 espèces de conifères, 14 espèces de monocotylédones et 99 espèces de dicotylédones. A en juger d'après les espèces voisines de la nature actuelle, 78 étaient des arbres et 50 des arbrisseaux. Ainsi donc 128 espèces de végétaux ligneux étaient alors répandus dans les régions polaires. Parmi les conifères, nous remarquons des épicéas, des sapins et des pins dont la plupart se rapprochent des espèces américaines. L'une des espèces les plus remarquables est le *Pinus Mac Clurii,* très-voisin du *Pinus alba,* du Canada ; Mac Clure et ses compagnons en ont rapporté des cônes provenant de la Terre de Banks ; ils ont observé le tronc dans les montagnes de bois fossiles si remarquables qui ont été découvertes dans cette contrée. Les couches miocènes de l'Islande ont fourni sept espèces appartenant à des pins ou à des sapins. Les *Sequoia* (Wellingtonia) sont encore plus abondants que les pins ; ce genre a joué un rôle très-important à l'époque miocène ; on le trouve répandu à l'état fossile en Europe, en Asie et en Amérique. Actuellement, il ne compte plus

que deux espèces (*Sequoia sempervirens* et *S. gigantea*), exclusivement confinées en Californie. Ce sont les derniers représentants de ce genre remarquable, auquel appartiennent les plus grands arbres du monde. On en trouve quatre espèces dans les couches miocènes des régions polaires, dont trois se rencontrent aussi au même niveau dans l'Europe centrale. Le *Sequoia Langsdorfii* était, à cette époque, l'arbre le plus fréquent dans le nord du Groënland; nous en connaissons non-seulement des branches avec leurs feuilles, mais encore les fleurs, les cônes et les graines; il s'est retrouvé au nord du Canada, dans l'île de Vancouver, en Allemagne, en Suisse et en Italie: il est extrêmement voisin du *S. sempervirens;* il ne s'en distingue que par la taille de ses cônes, qui sont plus gros et composés de plus d'écailles. Le *S. Sternbergi,* qui était abondant en Islande, est très-voisin du *S. gigantea,* tandis que le *S. Couttiæ,* qu'on trouve au Groënland, à Disco et à Ataneverdlak, est intermédiaire entre le *S. Langsdorfii* et le *S. Sternbergi.* La famille des *Cyprès* est richement représentée par trois genres: *Taxodium, Thujopsis* et *Glyptostrobus.* Les deux derniers vivent actuellement au Japon; les *Taxodium* se trouvent dans l'Amérique du Nord. Le *Glyptostrobus europæus* accompagne ordinairement le *Sequoia Langsdorfii,* de même que le *Taxodium dubium,* dont on a découvert à Ataneverdlak les rameaux, les feuilles et les cônes, et qui s'est retrouvé aussi au Spitzberg à 78° de latitude environ. Le *Thujopsis europæa* est beaucoup plus rare; on a trouvé ses rameaux élégants au nord du Groënland; ils sont identiques à ceux qu'on récolte dans l'ambre et à Armillau (près Narbonne).

Parmi les Taxinées, nous remarquons une *Salisburea,*

du Groënland; ce genre ne se trouve plus actuellement à l'état sauvage qu'au Japon.

Le nombre des *arbres feuillus* est si considérable que nous ne pouvons signaler que quelques espèces. Il en est plusieurs qui ressemblent aux arbres de nos pays; tels sont les *hêtres* et les *châtaigniers*, qui se trouvent encore dans le Groënland septentrional par 70° de latitude. Une espèce de hêtre (*Fagus Deucalionis*) est extrêmement voisine de notre hêtre ordinaire (*Fagus sylvatica*); les feuilles ont la même forme, les mêmes dimensions, les mêmes nervures; elles sont seulement dentelées à l'extrémité. Cet arbre était, à ce qu'il paraît, répandu dans toutes les régions septentrionales, puisqu'on le rencontre au Groënland, en Islande et au Spitzberg. Les *chênes* sont encore plus variés; on en compte huit espèces au Groënland, la plupart ont de grandes feuilles élégamment dentelées: elles ont du rapport avec des espèces américaines. L'une d'elles (*Quercus Olafsoni*), qu'on peut suivre depuis le nord du Canada jusqu'au Groënland et au Spitzberg, est l'analogue du *Q. prinus* des États-Unis. Un *platane* (*Pl. aceroides*) était également répandu dans toutes ces contrées; il se retrouve même dans l'Eisfiord, au Spitzberg. Les *peupliers* fournissent un nombre d'individus encore plus considérable que les genres que nous venons de citer. Deux espèces (*Populus Richardsoni* et *P. arctica*) étaient, avec le *Sequoia Langsdorfii*, les arbres les plus communs de la zone polaire. On peut les suivre depuis le Mackensie jusqu'au Spitzberg. Les *saules* sont très-rares, ce qui a lieu d'étonner quand on réfléchit qu'ils forment maintenant le quart des végétaux ligneux de la zone arctique. Les *bouleaux* étaient abondants en Islande, où nous remarquons aussi une espèce de *tulipier* et un *érable*

(*Acer otopterix*). Au Groënland, nous trouvons un *noyer*, un *magnolia* à feuilles coriaces (*Magnolia Inglefieldi*), un *prunier* (*Prunus Scottii*), et au Spitzberg un *tilleul* à grandes feuilles (*Tilia Malmgreni*). A côté de ces arbres, qui sont analogues à ceux de l'époque actuelle, on observe plusieurs formes exceptionnelles, de la présence desquelles il est difficile de tirer quelques conclusions. L'une de ces espèces, qui possédait de grosses feuilles coriaces (*Daphnogene Kanii*), appartient probablement à la famille des *Laurinées;* quatre autres (*Macclintockia* et *Hahea*) sont probablement des Protéacées. Il est difficile de savoir quel était le port de ces plantes; pour d'autres, en revanche, l'analogie nous indique qu'elles étaient, suivant toute probabilité, des arbrisseaux; ainsi nous trouvons un *noisetier* (*Corylus M'Quarrii*) qui était répandu dans toutes les régions polaires, et se retrouvait au Spitzberg par 78° de latitude, ainsi qu'une espèce d'*aulne* (*Alnus Kefersteinii*). Nous avons du Groënland des *Rhamnus*, des *Paliurus*, des *Cornus*, des *Ilex*, des *Cratægus*, des *Andromeda*, des *Myrica*, qui remontent jusqu'au 70° de latitude. Les plantes sarmenteuses ne manquaient pas non plus: une espèce de *lierre* (*Hedera Mac Clurii*) a été trouvée sur les bords du Mackenzie; deux espèces de *vigne* au Groënland et une en Islande, ces trois espèces se rapprochent de certaines vignes américaines. Il n'est pas difficile de se faire une idée de la végétation des régions polaires à l'époque miocène, d'après les indications que nous venons de donner. C'étaient des forêts d'arbres feuillus et résineux, très-variés, dont plusieurs avaient de grandes feuilles de formes très-diverses, des vignes et des lierres les enlaçaient de leurs rameaux, sous leur ombre croissaient de nombreux arbrisseaux et d'élégantes fougères.

Quel contraste entre ce tableau et celui que nous présentent les mêmes contrées à l'époque actuelle. Maintenant le Groënland n'est qu'un immense glacier qui couvre tout le pays, et envoie jusque dans les latitudes méridionales des milliers de montagnes de glace qui en refroidissent le climat; c'est à peine si une bande étroite, le long des côtes, est libérée en été et peut se couvrir de quelque végétation. A l'époque miocène la limite des tilleuls, des taxodium et des platanes se trouvait au 79° de latitude, celle des pins et des peupliers, à en juger d'après ce que nous voyons de nos jours, devait atteindre le pôle ou tout au moins les terres qui en étaient les plus rapprochées, car ils s'avancent actuellement de 15° plus au nord que les platanes. Il est naturel d'en conclure, qu'alors la limite extrême des arbres suivait une ligne bien différente de celle que nous pouvons tracer à l'époque actuelle; elle suit maintenant la ligne isotherme qui donne une moyenne de 10° C. en juillet, c'est-à-dire environ le 67° de latitude nord, elle ne dépasse donc guère le cercle polaire tandis qu'alors elle atteignait le pôle lui-même.

Ce fait indique déjà que le climat était bien différent. Nous pouvons ajouter d'autres preuves pour confirmer notre assertion. Nous pouvons conclure, d'après le caractère de la flore du Spitzberg à l'époque miocène, que, sous le 79° de latitude nord, la température moyenne de l'année était de 5° C. A la même époque celle de la Suisse était de 21° C. à en juger d'après les analogies des flores. C'est donc une différence de 16° C., et pour chaque degré de latitude, la température moyenne a baissé de 0°,5 C., il s'ensuit qu'au Spitzberg par le 78° latitude nord, elle était de 5°,5 C., au Groën-

land par le 70°, de 9°,5, en Islande et sur le Mackenzie par le 65°, de 11°,5 C. Ces données suffisent pour expliquer le caractère de la flore de cette époque[1].

La différence de température entre la Suisse par le 47° de latitude nord (ramenée par le calcul à celle du niveau de la mer) et le Spitzberg, par le 78° latitude nord, est actuellement de 20°,6, ce qui donne un décroissement de 0°,66 C. pour chaque degré de latitude. Il est donc évident qu'à l'époque miocène la température était beaucoup plus égale et que la chaleur moyenne diminuait beaucoup plus graduellement à mesure qu'on se rapprochait du pôle, si bien qu'alors la ligne isotherme 0°, tombait sur le pôle, tandis que maintenant elle tombe déjà sur le 58°, latitude nord.

On a voulu prétendre qu'à l'époque miocène les courants pouvaient bien transporter des bois et des débris de végétaux à de grandes distances, comme cela arrive maintenant, et qu'il était très-possible que les plantes que nous rencontrons à l'état fossile dans les gisements des régions polaires y aient été amenées d'une manière analogue, et n'aient point vécu sur le sol même où nous retrouvons leurs débris. Cette manière de voir ne saurait être admise, on s'en convaincra facilement si l'on considére : 1° la parfaite conservation des feuilles ; 2° l'accumulation énorme des végétaux fossiles dans les couches à minerai de fer sidérolitique du Groënland, associés à de grands dépôts de lignites ; 3° le fait qu'on trouve des insectes avec les plantes ; 4° la présence de feuilles de

[1] Consulter, pour plus de détails sur ce sujet, la « Flore fossile des régions polaires, » par M. le professeur O. Heer, Zurich, Schulthess, 1867, où toutes les plantes de l'époque miocène, découvertes dans ces contrées, se trouvent décrites et figurées.

hêtre, venant de sortir du bourgeon et encore repliées, de même que celle de fleurs, de graines et de fruits associés aux feuilles. Certaines graines se retrouvent disposées de la même manière que dans la baie qui les protégeait, cela indique évidemment que la baie elle-même a été ensevelie dans le limon; or il est évident qu'une baie ne saurait être transportée par les flots à de grandes distances.

Tous ceux qui examineront sans idée préconçue les plantes fossiles, si belles et si variées, qui remplissent les rochers d'Ataneverdlak au Groënland, seront convaincus que ces plantes n'ont pas pu venir d'une grande distance. Quant aux plantes fossiles du Spitzberg, il est bien évident qu'elles n'ont pas été amenées par des courants marins, puisqu'on les trouve dans des dépots d'eau douce.

Il paraît donc certain qu'à l'époque miocène la température des régions polaires était beaucoup plus élevée que de nos jours et on est tout naturellement conduit à se demander quelles sont les causes qui ont pu amener un changement semblable. On ne peut admettre la supposition d'un déplacement des pôles, même en l'envisageant comme M. Evans, qui a récemment soutenu cette théorie. En effet, c'est un fait certain, qu'on remarque les mêmes phénomènes tout autour du globe terrestre, non-seulement dans la zone polaire, mais aussi sous les latitudes méridionales. Aucune observation directe ne vient confirmer à nos yeux la valeur de cette hypothèse. Nous regardons comme beaucoup plus importante la théorie qui voudrait faire coïncider les modifications climatériques avec des modifications qui seraient survenues dans la distribution des mers et des continents sur la

surface du globe. Actuellement l'étendue des mers est deux fois et demie celle de la terre ferme, et les continents se trouvent répartis en masses beaucoup plus considérables dans l'hémisphère nord et particulièrement au delà du tropique. Cet état n'est pas normal. Si au lieu d'une distribution aussi inégale les terres et les mers étaient également réparties dans toutes les zones, la zone tempérée et la zone glaciale jouiraient d'un climat plus chaud qu'il ne l'est maintenant. Toutefois, alors même que nous supposerions la répartition la plus favorable, nous n'arriverions pas à produire une température suffisante entre le 70° et le 79° de latitude nord, pour qu'il pût se développer une flore semblable à celle dont nous venons de signaler l'existence dans ces parages à l'époque miocène. Supposons que tous les continents soient réunis dans les environs de l'équateur, et qu'il ne reste que quelques îles dans les régions septentrionales, elles jouiront de la température moyenne la plus élevée à laquelle elles puissent parvenir, leurs hivers seront relativement très-doux et cependant la chaleur du soleil ne pourra pas être suffisante entre le 70° et le 80° de latitude nord pour permettre le développement d'une végétation aussi riche que celle dont nous retrouvons les traces. Or, il est constant qu'à l'époque miocène il y avait de grandes étendues de terre ferme dans la zone tempérée et même dans les régions polaires, ce qui nous est prouvé par l'extension de plusieurs espèces de la flore miocène que nous pouvons suivre depuis le Mackenzie au Spitzberg.

On a voulu chercher une explication des modifications climatériques que l'étude des fossiles nous révèle, dans le fait que le refroidissement graduel de la masse du globe devait nécessairement amener un abaissement

graduel de la température. Cette cause a pu agir en effet dans les époques les plus anciennes, mais l'époque miocène est trop rapprochée de la nôtre pour qu'il soit possible de lui attribuer avec quelque probabilité la différence de température que nous signalons.

Il nous paraît résulter des considérations qui précèdent que c'est à l'étude de phénomènes d'un autre ordre que nous devons demander la solution du problème que nous cherchons. Examinons d'abord, dans la série des phénomènes cosmiques, la question des changements qui peuvent être survenus dans la position de la Terre relativement au Soleil. Au point de vue dont nous nous occupons, on a attaché tout récemment une grande importance aux modifications périodiques de l'excentricité de l'ellipse que parcourt annuellement la Terre. La forme de cette ellipse se modifie dans de certaines limites pendant le cours des âges; elle se rapproche actuellement du cercle; dans 23900 ans, son excentricité aura atteint son minimum, puis l'orbite tendra de nouveau à prendre une forme plus allongée. La distance moyenne de la Terre au Soleil est de 91400000 milles anglais; lorsque l'excentricité de l'ellipse est à son maximum, elle a $^1/_{13}$ de cette longueur; lorsqu'elle est à son minimum, $^1/_{360}$; dans le premier cas, la Terre s'éloigne du Soleil de 14500000 milles anglais de plus que dans le second cas. Actuellement, la valeur linéaire de l'excentricité est de 3 millions de milles. Il faut encore observer que, maintenant, la Terre est plus rapprochée du Soleil pendant l'hiver de l'hémisphère nord (au périhélie), tandis qu'en été elle en est plus éloignée (à l'aphélie). Or, la position relative de la ligne des apsides et de celle des solstices est également soumis à un mouvement de révolution qui s'accomplit en

21000 ans. Dans 10000 ans environ, l'été de l'hémisphère nord tombera sur l'époque où la Terre se rapproche le plus du Soleil, et l'hiver sur l'époque où elle s'en éloigne le plus. Naturellement, pour l'hémisphère sud, c'est le contraire qui aura lieu.

Il est admis que, durant les périodes pendant lesquelles l'excentricité de l'orbite de la Terre se rapproche d'une valeur maximum, lorsque le périhélie coïncide avec le solstice d'hiver, l'hémisphère nord doit jouir d'un hiver plus court et plus chaud, tandis que l'été est plus long et plus froid. Pendant ce temps, le contraire a lieu pour l'hémisphère sud. Son hiver est plus long et plus froid, son été plus chaud et plus court, parce que l'hiver de cet hémisphère coïncide avec la plus grande distance du Soleil. M. Croll a supposé que, pendant cet hiver long et froid, il a dû s'amasser une si grande quantité de glace que l'été, chaud il est vrai, mais court, qui le suivait, n'avait pas la puissance de la fondre entièrement, et que ce serait à cette époque qu'il faudrait placer la *période glaciaire*. Dans l'hémisphère nord, en revanche, on aurait eu un printemps continuel, l'été étant long et frais, l'hiver court et chaud. M. Stones a calculé qu'il faut remonter à 850000 ans pour retrouver l'époque où l'excentricité de l'orbite de la Terre atteignait la valeur maximum, en même temps que l'aphélie coïncidait exactement avec le solstice d'hiver de l'hémisphère nord. L'hiver aurait alors duré 36 jours de plus, et comme c'est dans cette période qu'il aurait pu se former le plus de neige et de glace, Lyell voudrait y placer l'époque glaciaire. Il y a 900000 ans, en revanche, l'orbite de la Terre se serait le plus rapprochée de la forme circulaire, et il en serait résulté un changement complet des circonstances climatériques.

Toutes ces théories spéculatives sont certainement ingénieuses ; il faut cependant remarquer qu'elles n'ont pas une base solide ; en effet, nous ne connaissons encore qu'imparfaitement quelle est l'étendue de l'action que peut exercer sur la puissance des rayons du Soleil la distance qu'ils ont à parcourir pour arriver à la Terre. Lyell a fait observer avec raison que, d'après les calculs de Dove, la Terre est plus chaude en juillet, c'est-à-dire au moment où elle s'éloigne le plus du Soleil, qu'en décembre alors qu'elle s'en rapproche le plus. La cause en est dans la répartition inégale des terres et des mers dans les deux hémisphères, d'où il résulte que l'hémisphère nord a un été plus chaud, lors même que la Terre est plus rapprochée du Soleil pendant l'été de l'hémisphère sud. Nous pouvons conclure de ce fait que le mode de distribution des terres et des mers à la surface du globe exerce une influence *plus grande* sur le climat de chaque hémisphère que celle qui peut résulter de la plus ou moins grande excentricité, combinée avec la position de la ligne des apsides. En revanche, ainsi que l'a admirablement démontré M. Lyell, ces deux causes peuvent avoir eu, par la combinaison de leurs effets, une action extrêmement importante sur les changements de climat que les faits observés nous permettent de constater.

Il est possible encore que l'action du Soleil n'ait pas toujours été la même, car, par l'observation de ses taches, nous savons que de grandes modifications s'opèrent à sa surface ; d'où la possibilité d'un changement dans l'intensité des rayons solaires.

A toutes ces considérations ajoutons encore celle-ci. Le Soleil n'est pas seul dans la voûte des cieux ; des millions de corps célestes y brillent également, et répan-

dent dans l'espace leur lumière et leur chaleur. Pourquoi donc ne pas supposer que les différentes régions de l'espace n'ont pas toutes la même température ? Le mathématicien Poisson a émis cette idée, en faisant observer que le nombre des étoiles est si grand qu'elles forment pour ainsi dire une voûte continue. Nous savons aussi que le Soleil avec ses planètes n'occupe pas toujours la même position dans l'espace ; il se meut probablement autour d'une étoile fixe située à une distance infiniment grande. En partant de cette donnée, et en supposant que la température des différentes régions de l'espace ne soit pas la même partout, nous aurions trouvé une explication bien simple des phénomènes climatériques dont nous avons fait mention. En effet, si à l'époque miocène le Soleil et son système planétaire se trouvaient dans une région de l'espace plus chaude que celle où ils se meuvent maintenant, cette chaleur a dû exercer une influence sur toutes les parties du globe terrestre, mais l'effet doit avoir été plus prononcé dans la zone glaciale et dans la zone tempérée. Si pendant la durée de cette immense révolution, ou année solaire, des périodes plus chaudes succèdent à des périodes plus froides, ou *vice versà*, nous pourrions assimiler par analogie la période miocène à son été, la période glaciaire à son hiver et la période actuelle à son printemps. Il est évident qu'il faut aborder l'idée d'un parcours d'une longueur prodigieuse, dont notre esprit ne saurait encore entrevoir l'étendue. Un temps viendra sans doute où l'on arrivera à le calculer, et de même que nous connaissons actuellement l'orbite de la Terre, les générations à venir pourrons peut-être parvenir à une connaissance assez appréciée de l'orbite du Soleil.

Notre esprit se trouble, il est vrai, en présence de ces

espaces et de ces périodes, qui nous paraissent infinis, mais cela provient de la petitesse de l'échelle d'après laquelle nous pouvons mesurer l'espace et le temps, ainsi qu'on peut le montrer par une simple comparaison. Supposons que la durée de la vie de l'homme soit *d'un seul jour :* celui qui serait né en hiver ne pourrait savoir que par tradition qu'il y a eu autrefois un temps où il faisait plus chaud, et que ce temps reviendra après une longue série de générations. L'inverse arriverait à celui qui serait né en été. Pour cet homme d'un jour, une année serait une période d'une prodigieuse longueur, puisqu'elle comprendrait 365 générations. Or, la durée actuelle de la vie de l'homme correspond non pas à un jour, mais à peine à une minute peut-être de cette grande année solaire ; quel habitant de la terre pourra jamais en connaître les phases? S'il ne peut les entrevoir avec l'œil de son corps, il le pourra du moins avec le secours de sa pensée, avec l'aide de son intelligence, qui lui permet de percer les ténèbres du passé et de coordonner les phénomènes qui se sont accomplis dans le cours des périodes qui se sont succédé. L'œil de son esprit pénètre dans les temps les plus reculés comme dans les espaces les plus éloignés de la voûte céleste. Si le corps de l'homme est petit en face de l'immensité de la nature ; si sa vie est courte en présence de la durée infinie des temps, quelle n'est pas la grandeur et la puissance de son esprit qui l'emporte au delà du cours des âges et qui lui fait comprendre que dans son enveloppe périssable est déposé le germe de l'immortalité.

RECHERCHES

SUR

PLUSIEURS MOLYBDATES NOUVEAUX OU PEU CONNUS

ET

SUR LES PRINCIPAUX FLUOXYMOLYBDATES

PAR

M. MARC DELAFONTAINE.

Dans un mémoire publié en mai 1865 [1], j'ai essayé d'établir la composition chimique des principaux molybdates de potasse, de soude et d'ammoniaque. Depuis lors, j'ai été dans le cas d'étudier plusieurs des combinaisons de l'acide molybdique avec les autres bases alcalines; je vais consigner ici le résultat de cette étude avant de passer à l'histoire des fluoxymolybdates.

Molybdates (Suite).

Dans mes nouvelles analyses, j'ai continué à adopter, pour le poids atomique du molybdène, le nombre 92 dont l'exactitude paraît encore confirmée par une détermination récente de M. Rammelsberg [2]. En effet, ce chimiste, employant la même méthode que M. Dumas, la réduction de l'acide molybdique par le gaz hydrogène, est arrivé à un nombre moins élevé, et qui s'accorde parfaitement avec celui qu'avaient trouvé MM. Svanberg et Struve.

[1] Voyez *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXIII.

[2] *Poggendorff's Annalen*, tome CXXVII.

Tout en conservant les formules dualistiques, j'ai abandonné la notation en équivalents qui est de plus en plus condamnée par les considérations tirées de l'isomorphisme ; la composition des corps dont il va être question sera donc représentée par la notation atomique.

Tri-molybdate de rubidium

$Rb^2O,3MoO^3+2$ aq.

M. Grandeau ayant eu la bonté de me donner quelques grammes de carbonate de rubidium, je les ai fait fondre avec un excès d'acide molybdique. Après l'expulsion totale de l'acide carbonique, il est resté dans le creuset un verre un peu coloré en jaune, qui s'est pris, par le refroidissement, en une masse blanche à structure cristalline.

Cette masse s'est complétement dissoute dans l'eau bouillante ; abandonnée à elle-même, elle a laissé déposer en se refroidissant de petits prismes minces, éclatants, longs seulement de deux à trois millimètres au plus. Ces cristaux sont très-peu solubles dans l'eau froide, tandis qu'ils le sont beaucoup plus dans l'eau bouillante, en sorte qu'il est facile de les purifier par recristallisation. Examinés à la loupe, ils se montrent formés de prismes à six côtés appartenant à l'un des systèmes rhomboïdaux, mais dont les sommets obtus sont trop mal conformés et trop striés pour se prêter à des mesures cristallographiques.

Analyse. Le sel avait été purifié par une seconde cristallisation et conservé longtemps en presse dans du papier à filtrer.

$1^{gr},393$ ont été chauffés lentement jusqu'au point de

fusion, où on les a maintenus pendant $^1/_4$ d'heure environ. La perte a été de 0,067 soit 4,81 pour cent.

Le résidu fondu avec un poids connu de carbonate de soude pur, anhydre, a fait dégager 0,154 d'acide carbonique. De cette donnée on tire 0,535 ou 38,41 pour cent d'oxyde de rubidium et 0,791, soit 56,78 pour cent d'acide molybdique.

		Calculé.	Trouvé.
Rb^2O . . .	282	38,22	38,41
$3MoO^3$ . . .	420	56,91	56,78
$2H^2O$	36	4,87	4,81
	738	100,00	100,00

Sauf sa teneur en eau, moindre, ce sel correspond au tri-molybdate de potasse dont il diffère d'ailleurs par sa solubilité bien plus considérable, à chaud surtout.

Molybdate neutre de lithine.

$5(Li^2O, MoO^3) + 2$ aq.

La formule un peu anormale de ce sel a été établie par M. Rammelsberg[1] qui a trouvé 4,18 pour cent d'eau et 79,52 pour cent d'acide molybdique, le calcul demande respectivement 4,07 d'eau et 79,01 d'acide.

En fondant au rouge $0^{gr},494$ de ce molybdate, j'ai obtenu une perte de $0^{gr},020$ soit 4,05 pour cent d'eau. L'eau ne paraît pouvoir être expulsée qu'à une température assez élevée.

Le molybdate neutre de lithine affecte la forme de petits grains cristallins, ou, le plus souvent, de prismes minces et très-courts, groupés en mamelons de manière à ce que leurs sommets sont seuls apparents.

[1] *Poggendorff's Annalen*, tome CXXVIII.

J'ai préparé ce composé soit en fondant ensemble des poids atomiques égaux de carbonate de lithine et d'acide molybdique, et reprenant la masse refroidie par l'eau, soit en attaquant du carbonate lithine en suspension dans de l'eau bouillante, par de l'acide molybdique ajouté par petites portions à la fois tant qu'une effervescence se manifestait. La dissolution concentrée jusqu'à l'état sirupeux laisse déposer les cristaux au bout de quelques jours.

Autre hydrate: $3(Li^2O, MoO^3)+8$ aq. Dans une préparation, un molybdate acide de lithine, presque insoluble dans l'eau, a été traité par du carbonate de lithine à l'ébullition, jusqu'à dissolution complète. La liqueur concentrée jusqu'à pellicule a laissé déposer, le lendemain, des cristaux limpides et transparents assez nets que l'on aurait pu prendre au premier coup d'œil pour des tétraèdres réguliers.

La symétrie des petites modifications observées sur une des arêtes et sur quelques-uns des angles, montre que ces cristaux appartiennent au cinquième sinon au sixième système cristallin. La mesure d'un angle formé par deux des larges faces a donné 78° environ, ce qui s'éloigne beaucoup de l'incidence des faces du tétraèdre.

Ce sel ne renfermait pas d'ammoniaque ni d'acide phosphorique; fondu avec du carbonate de soude il ne déplaçait pas d'acide carbonique; enfin, la cristallisation était bien uniforme.

1gr,822 a perdu 0,394 soit 21,63 pour cent d'eau.

1gr,435 a perdu 0,306 soit 21,32 pour cent d'eau.

Ce qui fait 21,48 pour cent en moyenne. La formule $3(Li^2O, MoO^3)+8$ aq. demande 22,01 pour cent.

Si donc je n'ai pas commis d'erreur, il faudra admettre que, dans des circonstances d'ailleurs peu différentes, le

molybdate neutre de lithine peut former deux hydrates à formule anormale, dont l'un correspondrait aux sulfates de cadmium, de didyme, d'ytria, etc.

Bi-molybdate de soude.

Comme l'avaient annoncé MM. Svanberg et Struve, quand on fait fondre du carbonate de soude avec de l'acide molybdique, dans la proportion d'un atome du premier pour deux du second, on a une masse qui devient cristalline par le refroidissement et se désagrége dans l'eau chaude en une farine blanche qui ne se dissout qu'à la longue. La liqueur suffisamment concentrée laisse déposer du jour au lendemain des cristaux très-solubles dans l'eau.

D'après les chimistes que je viens de nommer, ces cristaux seraient des prismes microscopiques, ayant pour formule $Na^2O,2MoO^3+H^2O$.

Mes résultats sont un peu différents: La dissolution concentrée jusqu'à formation d'une mince pellicule (elle n'était d'ailleurs pas encore sirupeuse), puis abandonnée à elle-même, a fourni une cristallisation très-nette, en tables épaisses, à six côtés, efflorescentes à l'air, offrant toute la figure du molybdate $^7/_3$ acide de soude décrit en premier lieu par M. Zenker, se redissolvant intégralement et facilement dans l'eau. J'ai fait l'analyse de ce produit.

2gr,234 chauffés jusqu'à fusion ignée ont perdu 0,557, c'est-à-dire 24,93 pour cent d'eau. Fondus ensuite avec du carbonate de soude, ils ont expulsé 0,234 d'acide

[1] M. Gentele (*Journal für prakt. Chemie*, LXXXI) a décrit un hydrate de ce sel à sept atomes d'eau. Le mode de préparation suivi par ce chimiste, les propriétés qu'il assigne à ses cristaux, les nombres mêmes de son analyse rendent excessivement probable à mes yeux que son bi-molybdate n'était autre chose sinon le sel de M. Zenker.

carbonique, ce qui conduit à une teneur de 1gr,390 d'acide et 0,287 de base, soit respectivement 62,22 et 12,83 pour cent pour le sel hydraté.

Ces nombres conduisent à la formule $3 Na^2 O + 7 Mo O^3 + 22$ aq.; à la vérité la teneur en soude est légèrement plus forte que ne le demande le calcul, mais cela n'a rien de surprenant pour un produit qui avait pris naissance au sein d'une dissolution de molybdate neutre : en effet, l'eau mère séparée des cristaux n'a pas tardé à se comporter comme contenant surtout du sel neutre qui s'est déposé, comme de coutume, en partie en lamelles au fond de la capsule et en partie en mamelons irréguliers qui grimpaient sur les bords.

Il découle de ce qui précède que la formation du bimolybdate de soude n'est pas constante, mais que la masse obtenue en fondant deux atomes d'acide molybdique avec 1 atome de soude, se laisse facilement dédoubler par l'eau, en vertu de l'équation suivante :

$$4 (Na^2 O, 2 Mo O^3) = (3 Na^2 O, 7 Mo O^3) + Na^2 O, Mo O^3.$$

Molybdate de thallium

$Tl^2 O, Mo O^3$.

Ce sel est blanc, fusible au rouge en un verre jaune à chaud, blanc à froid, faiblement volatil à cette température. L'eau froide n'en dissout presque point, et l'eau bouillante guère plus. Il est anhydre. Quand on le chauffe seul dans un creuset fermé, il bleuit quelquefois légèrement avant d'avoir atteint son point de fusion; porté au rouge avec du carbonate de soude, il laisse dégager d'abondantes fumées brunes noirâtres, en même temps que l'intérieur du creuset et, principalement la face infé-

rieure du couvercle, se recouvre d'une suie presque noire.

J'ai préparé ce sel de deux manières, c'est-à-dire directement et par voie de double décomposition. En faisant bouillir une dissolution d'oxyde thalleux en excès avec de l'acide molybdique finement pulvérisé, le molybdate est demeuré au fond du ballon sous forme d'une fine farine blanche, cristalline. Une dissolution chaude de molybdate neutre de soude additionnée d'une dissolution également chaude de sulfate thalleux neutre produit immédiatement un précipité de molybdate neutre de thallium, blanc, volumineux, caséiforme, qui se tasse facilement et se lave bien par décantation ; cette matière se dissout dans un grand volume d'eau bouillante qui l'abandonne presque totalement à l'état cristallisée, quand elle se refroidit.

M. Œttinger[1] avait déjà obtenu le molybdate de thallium Tl^2O,MoO^3, par double décomposition ; il l'a décrit avec exactitude comme formant des écailles nacrées un peu plus solubles dans une eau ammoniacale que dans l'eau pure.

Molybdates neutres de magnésie.

a) $MgO, MoO^3 + 5$ aq.

Ce molybdate se dissout très-bien dans l'eau froide ou chaude qui en prend une assez forte proportion. Il forme des cristaux transparents, probablement des prismes rhomboïdaux obliques, très-nets et très-éclatants, ayant souvent plusieurs millimètres de côté, inaltérables à l'air, infusibles au rouge, doués de la saveur habituelle des sels de magnésie.

[1] *Zeitschrift für Chemie und Pharm.*, 1864, p. 440.

On l'obtient facilement en faisant bouillir, comme l'a indiqué M. Struve, de la magnésie blanche avec de l'acide molybdique, dans de l'eau, en ajoutant l'acide tant que dure l'effervescence. La liqueur filtrée et convenablement concentrée abandonne le molybdate par le refroidissement.

Analyse. Chauffé avec du carbonate de soude, ce sel ne déplace point d'acide carbonique.

$2^{gr},005$ ont perdu 0,658, soit 32,81 pour cent d'eau.

$1^{gr},924$ a perdu 0,630, soit 32,75 pour cent d'eau.

Les $^{5}/_{5}$ de l'eau s'en vont à la température de l'étuve à eau bouillante.

La formule inscrite en tête de cet article demande 33,33 pour cent d'eau. Ces résultats s'accordent bien avec ceux de M. Struve[1].

b) $MgO, MoO^3 + 7$ aq.

Quand on abandonne à l'évaporation spontanée une dissolution de molybdate neutre de magnésie, le sel se dépose en partie sur les bords de la capsule sous forme d'une couronne d'excroissances en choux-fleurs; mais en même temps il se produit au fond du vase des aiguilles assez minces, groupées en rayons, transparentes, qui peuvent se redissoudre intégralement dans l'eau.

Les aiguilles s'effleurissent assez facilement à l'air libre; elles conservent bien alors leur forme, mais elles deviennent opaques. Je n'ai pas pu en doser l'eau avec exactitude, parce que j'ai manqué le moment opportun pour faire l'analyse; un produit encore très-peu altéré m'a donné un résultat un peu au-dessous de sept atomes d'eau, mais dépassant notablement ce qu'il faudrait pour

[1] *Journal für prakt. Chemie*, tome LXI, p. 449.

n'en avoir que six à inscrire à la formule. Des cristaux qui avaient eu le temps de s'effleurir presque complétement ne contenaient plus que cinq atomes d'eau.

$0^{gr},693$ ont perdu 0,235, c'est-à-dire 33,91 pour cent d'eau.

Comme on le voit, le molybdate neutre de magnésie est susceptible de fournir deux hydrates qui correspondent à plusieurs sulfates de la série magnésienne avec lesquels ils sont très-probablement isomorphes ; en outre, le plus riche en eau tend à passer facilement à l'état du second.

Fluoxymolybdates.

Comme Berzélius l'a déjà montré pour ce qui concerne le sel de potasse, les molybdates dissous dans l'acide fluorhydrique, même concentré, donnent naissance à des composés dans lesquels une partie de l'oxygène est remplacée par du fluor, sans que l'on puisse arriver à une substitution totale.

Un bon nombre de ces composés sont solubles dans l'eau et cristallisent avec facilité et d'une manière très-nette. L'examen de la forme de plusieurs d'entre eux conduit à établir leur isomorphisme, non pas avec les fluoxytungstates correspondants, mais bien avec les fluostannates, les fluotitanates et les fluozirconates des mêmes bases ; c'est le cas des fluoxymolybdates de zinc, de cadmium, de cobalt et de nickel : leur formule générale $R\,Mo\,(Fl^4O^2) + 6$ aq. correspond à celle des groupes précités, savoir $R\,R'\,(Fl^6) + 6$ aq.

Outre les fluoxymolybdates corrospondant aux molybdates neutres, et qui sont ceux que l'on obtient le plus habituellement, il en existe d'acides qui résultent surtout

de l'action de l'acide fluorhydrique en excès sur les molybdates $^{7}/_{3}$ acides.

Plusieurs des sels appartenant à cette classe sont susceptibles de perdre la totalité de leur fluor par un grillage prolongé au contact de l'air: ils donnent alors un molybdate; mais il en est d'autres qui laissent échapper, par la calcination, la plus grande partie de leur molybdène, en sorte qu'il ne reste guère que de l'oxyde pour résidu.

Les fluoxymolybdates neutres que j'ai étudiés se conservent à l'air sans s'altérer, mais les sels acides deviennent opaques en perdant de l'acide fluorhydrique.

Fluoxymolybdate neutre de potassium.

$K^2 Mo Fl^4 O^2 + aq.$

Ce sel se confond par son aspect avec les fluoxyniobate, fluoxytungstate et fluotitanate ordinaires de potassium. Il cristallise en tables octogones excessivement minces, transparentes, qui se forment le mieux en présence d'un léger excès d'acide fluorhydrique, et se dissolvent abondamment dans l'eau bouillante qui en abandonne la plus grande partie par le refroidissement.

Malgré la minceur très-grande de ses cristaux, il se prête mieux que le fluoxytungstate à une détermination cristallographique exacte. Sa forme dérive d'un prisme oblique non symétrique dont M. Marignac a bien voulu prendre les mesures. Les faces observées sont une large base P, les faces M et N du prisme, les modifications E et A sur les arêtes de celui-ci; les arêtes de la base sont tronquées par les faces $n\ ^{1}/_{2}$, a et e, etc.[1]

[1] Ce mémoire n'étant pas accompagné de figures, je rappellerai, pour l'intelligence des descriptions, que la notation adoptée est celle des axes: P désigne la base ($\infty a : \infty b : c$), a étant l'axe antérieur,

Les faces de la zone A sont les plus allongées, celles de la zone E très-raccourcies et donnent plusieurs images indistinctes; la face M est toujours la plus nette.

Voici le tableau des incidences:

		Calculé.	Observé.
P *a*	=	106° 51′	107° 0′
P A	=	80 10	*80 10
P α	=	57 0	*57 0
P M	=	96 20	*96 20
P *n* $^1/_2$	=	107 39	108 envir.
P N	=	70 25	71 envir.
P ν $^1/_2$	=	44 10	45 envir.
P *e*	=	129 2	
P E	=	108 21	109 envir.
P ε	=	81 36	
P ε $^1/_2$	=	57 56	57 54
α M	=	122 0	*122 0
α *e*	=	69 46	
α ν $^1/_2$	=	36 17	*36 17
A M	=	132 24	132 30
A E	=	86 41	86 30
A N	=	44 11	44 15
a M	=	134 51	134 30
a ε	=	87 20	
a n $^1/_2$	=	42 35	42 20

b l'axe latéral, *c* l'axe vertical. Les autres majuscules désignent les axes parallèles à l'axe vertical, savoir :

A ($a : \infty b : \infty c$) plan macro-ou orthodiagonal.

E ($\infty a : b : \infty c$) plan micro-ou klinodiagonal.

M ($a : b : \infty c$) faces du prisme primitif.

R S les rhomboèdres, N des faces de prismes verticaux dont la formule est ordinairement indiquée dans chaque cas.

Les petites lettres indiquent les faces inclinées sur les faces prismatiques désignées par les grandes lettres correspondantes; ainsi *m* sera une troncature de l'arête PM. Le chiffre affecté à chaque lettre indique le coefficient de l'axe *c*. Dans les systèmes obliques, les petites lettres françaises représentent les faces supérieures, et les lettres grecques correspondantes sont affectées aux faces inférieures.

Angles plans de P.	A M =	135° 3′30″
	A E =	89 44 50
	A N =	44 41 30
	M N =	90 22

Un bon nombre de ces angles, notamment les quatre premiers, coïncident avec ceux du fluoxytungstate. Les cristaux de ce dernier se laissent déterminer assez difficilement; il ne serait donc pas impossible que l'on dût les considérer comme appartenant au sixième système cristallin et non pas au cinquième, comme l'a admis M. Marignac. Dans le cas contraire, le fluoxymolybdate et le fluoxytungstate de potassium offriraient un nouvel exemple de deux substances cristallisant chacune dans un système différent, mais avec des angles excessivement rapprochés, et leur isomorphisme serait de même nature que celui de l'albite et de l'orthose.

Le fluoxymolybdate neutre de potassium ne s'altère pas à l'air; il perd son eau au-dessous de 100°, en prenant une teinte grisâtre. Il se comporte au feu exactement comme le fluoxytungstate, c'est-à-dire que lorsqu'on élève sa température jusqu'au rouge, il fond en un verre pâteux, jaune foncé et laisse dégager de l'acide fluorhydrique par suite de l'action de l'humidité ambiante qui amène l'oxydation du molybdène et la combinaison du fluor avec l'hydrogène; au bout de plusieurs heures, toute la masse est ainsi transformée en molybdate neutre de potasse. Après le refroidissement, le nouveau sel se prend en une sorte d'émail blanc qui se fendille presque immédiatement et tout d'un coup en tous sens, et se transforme ainsi en une poussière blanche, très-fine, intégralement soluble dans l'eau.

Analyse. Berzélius a déjà analysé le composé qui nous

occupe, on trouvera ici-dessous ses résultats en regard des miens.

Je me suis borné à doser l'eau par une simple dessiccation, le molybdène et la potasse par un grillage prolongé.

1gr,8005 a perdu 0,105 d'eau, soit 5,80 pour cent.

1gr,100 a perdu 0,066 d'eau, soit 6,00 pour cent.

0gr,931 a laissé, après le grillage, un résidu pesant 0,7305, c'est-à-dire 78,46 pour cent. Ce résidu (molybdate neutre) correspondait à 0,2825 (30,34 pour cent) de molybdène et à 0,2935 (31,53 pour cent) de potasse.

Ces données confirment la formule $K^2MoF^4O^2 + aq$.

		Calculé.	Trouvé.	
			Berzélius.	(M D)
K^2O	= 94	31,751	31,63	31,53
Mo	= 92	31,083	30,09	30,34
Fl^4	= 76	31,083		
O	= 16			
Aq	18	6,083	6,00	5,80 — 6,00
	296	100,000		

$^1/_2 K^2O, MoO^3 = 79{,}16$. Trouvé : 78,46

La quantité de molybdène trouvée par Berzélius est de 1 pour cent trop faible, mais cela tient à son mode d'analyse ; ayant retiré le molybdène à l'état de sulfure, il a dû ensuite griller celui-ci pour le transformer en acide, ce qui ne peut guère se faire sans amener quelque perte.

Fluoxymolybdate acide de potassium.

$$K^2Mo^2Fl^6O^4, + 2H^2O.$$
$$= K^2MoFl^4O^2 + MoFl^2O^2 + 2H^2O \ (?)$$

Ce composé prend naissance quand on redissout le sel précédent dans un excès d'acide fluorhydrique, ou, mieux,

quand on traite par cet acide l'un des molybdates acides de potasse. Par la concentration et le refroidissement, il cristallise facilement en aiguilles prismatiques transparentes, douées d'un éclat un peu soyeux, et qui rappellent bien par leur forme et leurs modifications les fluoxytungstates acides de potassium et d'ammonium.

Tout ce qui a été dit sur la manière dont le fluoxymolybdate neutre se comporte au feu est applicable à celui-ci, à ces différences près que le résidu consiste en bi-molybdate de potasse partiellement insoluble dans l'eau[1], et que, si l'on élève trop brusquement la température, on peut observer un dégagement de vapeurs de fluorure de molybdène.

Analyse. Les cristaux de ce composé ne s'effleurissent partiellement que si on les conserve pendant un temps assez long; ils paraissent laisser dégager ainsi une petite quantité d'acide fluorhydrique. Les résultats de l'analyse sont un peu variables, et, en particulier, le poids du résidu après le grillage, trop élevé, ce qui tient précisément à ce commencement d'altération que mon produit avait déjà subi.

1gr,236 a laissé 0,986, c'est-à-dire 79,69 pour cent de résidu.

1gr,411 a donné 1,121, c'est-à-dire 79,45 pour cent de résidu.

La première opération conduit à 0,483 (c'est-à-dire 39,08 pour cent) de molybdène et à 0,248 (soit 20,08 pour cent) de potasse.

On tire de la seconde 0,551 (ou 39,12 pour cent) de molybdène, et 0,282 (ou 19,99 pour cent) de potasse.

[1] Il se dédouble alors en sel neutre et en tri-molybdate.

L'eau n'est expulsée que difficilement, en présence de la chaux vive.

La formule $K^2Mo^2Fl^6O^4, 2H^2O$ qui correspond au fluoxytungstate acide, s'accorde le mieux avec ces données :

		Calculé.	Trouvé.	
K^2O	94	19,74	20,08	19,99
M^2	184	38.66	39.08	39,12
Fl^6	114			
O^3	48			
2 aq.	36			
	476			

$K^2O.2MoO^3$=78,57. — Trouvé : 79,45 et 79.67.

Fluoxymolybdate de sodium.

$2(Na^2MoFl^4O^2)$+aq.

En traitant le molybdate neutre de soude par l'acide fluorhydrique, en léger excès, et mettant à cristalliser, j'ai obtenu des croûtes formées par l'agrégation de grains cristallins transparents qui constituent le fluoxymolybdate neutre de sodium.

Ce sel est notablement plus soluble que le sel de potassium correspondant; quand on le chauffe, il devient d'abord gris et opaque, puis lorsqu'il a atteint le rouge, il entre en fusion et donne un verre jaune qui se convertit au bout de plusieurs heures, en molybdate neutre, si on a soin de maintenir la capsule ou le creuset découvert; quand on effectue la calcination dans un vase bien fermé, le grillage ne s'effectue pas, et la perte de poids cesse quand l'eau a été expulsé. Le molybdate fondu se prend par le refroidissement en un émail qui ne tombe pas en poussière, comme le font les molybdates de potasse.

Analyse. 0gr,702 a perdu 0,0245, soit 3,49 pour cent d'eau. Par le grillage, il a fourni 0,561 de molybdate, c'est-à-dire 79,91 pour cent. Cette quantité de molybdate renferme 0,1721 (ou 24,51 pour cent) de soude, et 0,255 de molybdène (soit 36,32 pour cent).

		Calculé.	Trouvé.
Na^2O	62	24,03	24,51
Mo	92	36,08	36,32
Fl^4	76		
O	16		
$^1/_2$ aq.	9	3,53	3,49
	255		

$^1/_2$ $Na^2O, MoO^3 = 79,22$. — Trouvé : 79,91.

Fluoxymolybdate acide de rubidium.

$Rb^2 Mo^2 Fl^6 O^4 + 2 H^2O$.

Pour obtenir ce sel, j'ai chauffé légèrement l'eau mère qui m'avait fourni le tri-molybdate de rubidium décrit au commencement de ce Mémoire, puis j'y ai ajouté un excès d'acide fluorhydrique. Par le refroidissement, la liqueur s'est remplie de fines aiguilles soyeuses formant un grand nombre de petites houppes. Les aiguilles se sont très-bien redissoutes dans l'eau pure qui les a de nouveau laissées se déposer sans altération. Après avoir été desséchées dans du papier à filtrer, elles ressemblaient autant qu'il est possible à du fluotantalate de potassium.

La composition de ce sel me paraît correspondre à celle du fluoxymolybdate acide de potassium. Toutefois, par suite d'une circonstance particulière, la seule analyse que j'en aie faite me laisse encore quelque doute; en effet,

le produit ayant été trop brusquement porté au rouge vif, dans un creuset étroit, il s'est dégagé du fluorure de molybdène; après le grillage, le résidu pesait beaucoup moins que ne le veut le calcul, mais, d'une autre part, il consistait en molybdate neutre de rubidium, et non pas en bi-sel. Il paraît donc que la moitié du molybdène s'est volatilisée avec le fluor.

Ceci étant admis, voici les données de l'expérience:

0gr,820 a perdu 0,048, soit 5,85 pour cent d'eau. Le résidu restant après le grillage pesait 0,524, soit 63,90 pour cent; il correspondait à 0,3501 d'oxyde de rubidium, et à 0,1142 de molybdène, soit, respectivement, 42,70 et 13,92 pour cent du sel cristallisé.

		Calculé.	Trouvé.
Rb^2O	282	42,32	42,70
Mo	92	13,84	13,92
Mo	92		
O^3	48		
Fl^6	114		
2 aq.	36	5,42	5,85
	664		

$Rb^2O, MoO^3 = 63,55$ — Trouvé : 63,90.

Tout comme ceux de potassium et de sodium, ce fluoxymolybdate fond en verre jaune à chaud qui redevient blanc et opaque par le refroidissement; le résidu de molybdate obtenu était moins fusible que le tri-molybdate; du reste, d'une manière générale, les molybdates neutres à base alcaline sont moins fusibles que les sels acides.

Fluoxymolybdate neutre d'ammonium.

$Am^2 Mo Fl^4 O^2 + aq.$

Quoique beaucoup plus soluble que le sel potassique

correspondant, ce fluoxymolybdate cristallise avec une grande facilité en belles tables, ayant près d'un millimètre d'épaisseur, hexagonales ou octogones suivant l'absence ou la présence des faces de la zone EP, lesquelles sont presque rudimentaires quand elles existent. Les faces des zones M,N,A, sont bien nettes, les dernières beaucoup plus développées que les autres; la base se prête mal aux mesures par suite d'un empilement fréquent de très-petites lames sur le cristal principal. Les mâcles suivant les faces prismatiques sont habituelles.

L'aspect général des cristaux rappelle celui du fluoxymolybdate de potassium avec lequel ils sont isomorphes.

Quand on chauffe ce sel dans une capsule découverte, il subit une fusion pâteuse et dégage d'abondantes vapeurs qui consistent en eau, fluorure de molybdène et acide fluorhydrique. Le résidu de cette calcination est bleu; il s'oxyde au rouge sombre et se transforme alors en acide molybdique.

Comme la formule de ce sel ne pouvait faire aucun doute pour moi, je me suis contenté d'une vérification faite en dosant le molybdène à l'état d'acide molybdique: pour cela, le sel a été traité à chaud par l'acide sulfurique en excès; la masse demeurée après le départ de l'acide fluorhydrique a été desséchée, additionnée d'ammoniaque, puis calcinée avec précaution, jusqu'à ce qu'il ne restât plus que de l'acide molybdique.

Le produit que je viens de décrire a été obtenu en additionnant d'un fort excès d'ammoniaque une dissolution de molybdate ordinaire ($^7/_3$ acide) de cette base, et traitant ensuite la liqueur par l'acide fluorhydrique.

Fluoxymolybdate acide d'ammonium.

$Am^2 Mo^2 Fl^6 O^4 + 2 H^2O$.

Il forme de petits cristaux prismatiques, minces, très-nets, aplatis suivant la face A. On peut le conserver intact assez longtemps dans une boîte, après l'avoir bien séché avec du papier, mais il finit cependant par devenir opaque.

On le prépare en traitant le sel précédent ou le molybdate acide d'ammoniaque par l'acide fluorhydrique en excès; quoique plus soluble que le sel neutre, il cristallise très-facilement du jour au lendemain.

Renfermé dans un creuset fermé et chauffé rapidement au rouge vif, il se volatilise en grande partie, en laissant toutefois un résidu bleu foncé ou brun d'oxyde de molybdène.

Ce fluoxymolybdate est isomorphe avec le fluoxytungstate acide d'ammonium. Sa forme, déterminée par M. Marignac, appartient au système du prisme rhomboïdal droit; les faces observées sont celles du prisme M tronqué par la modification A et terminé par les faces *e*.

Dans le tableau ci-dessous, j'ai mis en regard les angles correspondants du fluoxytungstate.

Il m'a paru inutile de faire une analyse complète de ces cristaux, j'ai constaté seulement que leur teneur en molybdène s'accorde avec la formule.

	Calculé.	Observé.	Fluoxytungstate.
M A	=151°50′	151°45′	152°25′
M M	=123 40	*123 40	124 50
e e	= 97 6	* 97 6	
A e	= 90 0	90 0	
M e	=108 12 1/2	108 15	
$e^{5/3} e^{5/3}$	= 68 23		68 23

Fluoxymolybdate de thallium.

$Tl^2 Mo Fl^4 O^2 + aq.$

Quand on mélange une dissolution de sulfate thalleux avec une de fluoxymolybdate neutre de potassium, il se forme un abondant précipité blanc caséiforme qui se redissout en grande partie quand on chauffe la liqueur où il a pris naissance, pour se déposer de nouveau, par le refroidissement, à l'état de poudre cristalline.

En dissolvant à chaud du molybdate neutre de thallium dans un excès d'acide fluorhydrique étendu de quatre ou cinq fois son volume d'eau, et laissant refroidir, j'ai obtenu de jolis petits prismes aplatis, d'un jaune de paille clair, brillants opaques, peu solubles dans l'eau, généralement mâclés suivant E, formés par les faces M d'un prisme rhomboïdal probablement droit profondément modifié par les faces A et terminé par le biseau *a*.

Ces cristaux ont fondu bien avant le rouge en émettant des vapeurs acides et en produisant un verre pâteux, jaune foncé qui est devenu parfaitement fluide au rouge : après le grillage et le refroidissement, il est resté un émail de la même couleur que les cristaux et qui consistait en molybdate neutre, à peine soluble dans l'eau.

1gr,710 converti, par le grillage, en molybdate a fourni 1,367 c'est-à-dire 90,53 pour cent de ce dernier.

1gr,216 ont perdu par la dessiccation 0,036 c'est-à-dire 2,95 pour cent d'eau.

La formule $Tl^2 Mo Fl^4 O^2 + aq.$ correspond à 90,09 pour cent de molybdate (trouvé 90,53) et elle exige 2,86 pour cent d'eau (trouvé 2,95).

Une dissolution concentrée de *molybdate neutre de lithine,* traitée par un léger excès d'acide fluorhydrique a donné une forte proportion d'une poudre blanche rude au toucher, très-peu soluble dans l'eau pure et qui ressemblait fort à du fluorure de lithium. Le liquide surnageant a encore abandonné, par la concentration, quelques petites croûtes grenues, et il s'est fortement coloré en bleu foncé sur les bords comme cela arrive souvent avec la dissolution fluorhydrique de l'acide molybdique.

Le *molybdate neutre de magnésie* m'a fourni, dans les mêmes circonstances, une dissolution gélatineuse, assez fluide, qui n'a pas cristallisé, mais s'est réduite en devenant bleue.

Les fluoxymolybdates métalliques de la série magnésienne cristallisent, avec facilité, ils sont inaltérables dans un air sec, se dissolvent bien dans l'eau pure, mais supportent mal le grillage. Si on les chauffe seuls, ils perdent leur eau, et dégagent des vapeurs acides riches en molybdène, et le résidu ne consiste souvent qu'en oxyde retenant quelques centièmes d'acide molybdique. Cependant, en opérant avec beaucoup de précaution, et surtout de lenteur, à une température aussi basse que possible, on peut arriver à les transformer en molybdates neutres.

Fluoxymolybdate neutre de zinc.

$$Zn\ Mo\ Fl^4O^2 + 6\ aq.$$

Ce corps cristallise dans le système rhomboédrique : il forme des prismes hexagonaux réguliers, minces, souvent même assez déliés, terminés par les faces de rhom-

boèdre aigu S^2, transparents, incolores, assez solubles dans l'eau même froide.

Le grillage le mieux réussi m'a donné à 1 pour cent près, la quantité calculée de molybdate neutre de zinc qui avait conservé la forme des cristaux en prenant seulement une couleur blanche tirant faiblement sur le jaune.

Les angles de ce fluoxymolybdate qui est isomorphe avec les fluotitanate, fluozirconate et fluoxyniobate du même métal, ont été mesurés d'abord par M. Marignac, sur de très-petits cristaux ; je les ai observés de nouveau, sur un produit dont les prismes étaient beaucoup plus volumineux, quoique bien nets et éclatants.

	Calculé.	Observé. (C M)	Observé. (M D.)	Fluozirconate.	Fluostannate.	Fluoxyniobate.
MM	=120°	120°	*120°	120°	120°	120°
»	= 60	60				
S^2S^2	= 96 50′	97	*96 50′	96 45′	96 47′	96 56′
MS^2	=131 35	131 30	131 37	131 38	131 36	131 42

Fluoxymolybdate de cadmium.

$Cd\ Mo\ Fl^4\ O^2 + 6\ aq.$

Isomorphe avec le fluoxymolybdate de zinc.

Les cristaux de ce sel sont plus volumineux que ceux du précédent ; ils sont bien éclatants et se prêtent ainsi à des mesures exactes.

Le mode de préparation est le même, il consiste simplement à dissoudre dans l'acide fluorhydrique, un mélange en proportions à peu près équivalentes, d'oxyde ou de carbonate de cadmium et d'acide molybdique, et à faire évaporer, pour mettre ensuite cristalliser.

Le produit obtenu de cette manière est en prismes

hexagonaux réguliers, terminés par les faces du rhomboèdre R. Le rhomboèdre S^2 du sel de zinc manque ; comme on le sait, fluozirconates, les fluostannates et les fluosilicates de cette série, offrent en général une combinaison des deux rhomboèdres.

Les cristaux de fluoxymolybdate de cadmium sont infusibles, transparents, incolores, efflorescents à la longue, très-solubles dans l'eau chaude. Un grillage trop rapide les convertit en molybdate très-basique. Ils ne peuvent perdre de l'eau sans émettre des vapeurs acides.

Le dosage du cadmium et celui du molybdène confirment la formule ci-dessus qui, du reste, se déduit de la considération de l'isomorphisme du sel avec les fluosels désignés plus haut.

Voici les incidences que j'ai observées :

	Calculé.	Observé.
M M =	120° 0	*120° 0
M R =	116 18′	
R R =	127 23′	*127 23′

Fluoxymolybdate de cobalt.

$Co\, Mo\, Fl^4\, O^2 + 6\, aq.$

Isomorphe avec les précédents.

Les cristaux de ce fluoxymolybdate atteignent de un à trois centimètres de longueur sur un à quatre millimètres de côté. Ils se composent des faces M et R; de ces dernières, l'une est souvent très-développée au détriment des deux autres. Les faces sont nettes mais peu éclatantes. Ces prismes sont transparents, rouges foncés, infusibles, très-solubles dans l'eau; ils se comportent à l'égard de la potasse comme les sels ordinaires de cobalt; quand on les chauffe brusquement, ils se décomposent

en laissant presque uniquement de l'oxyde intermédiaire de cobalt; grillés avec précaution, ils conservent leur forme, deviennent violets, vert olive foncé, puis noirs. Voici le résultat d'un grillage: $0^{gr},896$ a laissé un résidu pesant 0,538, c'est-à-dire 60,04 pour cent, et qui contenait 0,1877 d'oxyde de cobalt et 0,230 de molybdène, ce qui fait respectivement 20,95 et 25,67 pour cent de sel cristallisé. La formule demande 59,13 pour cent de molybdate; 20,44 d'oxyde de cobalt et 25,07 de molybdène.

J'ai mesuré les angles suivants:

	Calculé.	Observé.
M M =	120°	*120°
M R =	116 20′	116 28′
R R =	127 20	*127 20

La double réfraction est à un seul axe, positif.

Le *fluoxymolybdate de nickel* forme de très-petits cristaux, d'un vert-tendre, plus solubles que ceux du fluoxymolybdate de cobalt avec lesquels ils sont isomorphes. Je n'ai pas jugé nécessaire de les analyser, je me suis contenté d'en observer les incidences qui se confondent avec celles du tableau ci-dessus.

Il me semble superflu d'entrer dans de plus amples détails sur les fluoxymolybdates, et je laisserai de côté les sels de manganèse, de cuivre, de cuivre et ammonium que j'ai préparés, qui cristallisent avec facilité, mais dont l'histoire ajouterait peu de faits nouveaux à ceux qui ont été exposés dans ce Mémoire.

La description que je viens de faire des principaux composés appartenant à cette classe est bien suffisante,

je crois, pour montrer le parallélisme complet qui existe entre les fluoxymolybdates et les fluoxytungstates, et pour établir les relations étroites de constitution et d'isomorphisme qui rattachent ces deux groupes à ceux des fluoxyniobates, des fluozirconates, des fluostannates, etc.

Les analyses et les déterminations de formes cristallines consignées dans les pages qui précèdent, sont une nouvelle confirmation du fait établi par mon savant compatriote, M. Marignac, dans ses recherches sur les fluoxytungstates et sur les fluoxyniobates, savoir le remplacement, *atome par atome*, du fluor par l'oxygène comme éléments isomorphes.

Ce travail a été exécuté en partie à Genève dans le laboratoire que M. Ph. Plantamour m'a généreusement confié, et en partie, il y a vingt-un mois déjà, dans le laboratoire et avec les matériaux de M. H. Sainte-Claire-Deville, à Paris. Des circonstances indépendantes de ma volonté en ont retardé jusqu'à ce jour l'achèvement et la publication.

Genève, 15 novembre 1867.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

MAX SCHULTZE. ZUR ANATOMIE, etc. SUR L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE DE LA RÉTINE. (*Arch. f. mikrosk. Anat.*, II, 1866, p. 175-286, pl. 8-15.) — Dr W. STEINLIN. BEITRÆGE, etc. CONTRIBUTIONS A L'ANATOMIE DE LA RÉTINE. (*Verhandl. d St. Gallischen naturw. Gesellschaft*, 1865-1866, 122 pages et 3 planches.)

Les faits nombreux et nouveaux qui frappent le lecteur dans le mémoire de M. Schultze, offrent un grand intérêt au point de vue de l'anatomie : mais la manière dont l'auteur sait en tirer des conclusions physiologiques importantes est surtout digne d'attention. On sait que la couche la plus externe de la rétine est formée chez l'homme de deux sortes d'éléments, connus sous les noms de cônes et de bâtonnets : les uns et les autres sont formés de deux articles placés bout à bout, l'un externe, l'autre interne. Selon M. Schultze, les articles internes soit des cônes, soit des bâtonnets, sont formés par une substance homogène pendant la vie, mais se coagulant rapidement après la mort en une masse granuleuse. Cette substance est sans doute de nature albumineuse, comparable au protoplasma de jeunes cellules. L'acide hyperosmique, dont l'action a été mise à profit par l'auteur dans plus d'une circonstance, fait reconnaître dans les articles externes des cônes des stries parallèles, longitudinales, qui font défaut aux parties correspondantes des bâtonnets. Une autre différence remarquable entre les cônes et les bâtonnets se manifeste dans la constitution des fibres, auxquelles ils servent de point de départ et qui traversent la couche externe de gra-

nules de la rétine. Les fibres des cônes sont relativement larges, mesurant jusqu'à 2 ou 3 millièmes de millimètre en diamètre, et paraissent être composées d'un faisceau de fibrilles extrêmement fines qui divergent en une sorte de pinceau en pénétrant dans la couche intergranuleuse. Les fibres qui procèdent des bâtonnets ont, au contraire, une finesse extrême. Leur diamètre est à peine commensurable. M. Schultze prouve néanmoins que ces deux espèces de fibres sont de nature nerveuse et bien distinctes des fibres connectives, radiaires de la rétine.

La tache jaune de la rétine de l'homme et des singes renferme exclusivement des cônes ; toutefois, à la périphérie de cette tache, on voit apparaître quelques bâtonnets entre les cônes, et déjà à une distance d'un petit nombre de millimètres de son centre, on compte toujours deux ou trois bâtonnets pour deux cônes, rapport numérique qui reste le même jusqu'à l'*ora serrata*. A la tache jaune, les fibres des cônes s'écartent du parcours radiaire, normal dans le reste de la rétine, pour se diriger obliquement en divergeant suivant les méridiens tout autour du centre de la tache jaune. La plupart des mammifères présentent la même disposition des bâtonnets et des cônes que l'homme, sauf en ce qui concerne la tache jaune, spéciale comme l'on sait aux Primates ; mais, chose remarquable et inattendue, les cônes font entièrement défaut à une partie d'entre eux comme aux chauves-souris, aux hérissons, aux taupes, aux souris, animaux qui tous vivent de préférence dans l'obscurité. Les lapins, qui à l'état sauvage habitent des clapiers souterrains, présentent bien des espèces de cônes ; toutefois, ces éléments sont très-rudimentaires. Chez les chats il existe des cônes très-minces et fort clairsemés, tellement qu'ils sont séparés les uns des autres par un nombre de bâtonnets trois fois plus considérable que dans la rétine humaine.

Chez les oiseaux ces rapports sont renversés ; le nombre des cônes outrepasse celui des bâtonnets, et même chez les

faucons, qui, d'après la découverte de H. Müller, ont deux fosses centrales, l'une pour la vision monoculaire, l'autre pour la vision binoculaire, ces fosses ne renferment que des cônes. En revanche, la rétine des chouettes est presque entièrement semblable à celle des chauves-souris : les cônes disparaissent à peu près complétement et le nombre des bâtonnets y augmente dans une proportion considérable. Les cônes rétiniens des oiseaux se distinguent par un caractère très-remarquable : la plus grande partie d'entre eux renferment à l'extrémité de l'article interne (c'est-à-dire auprès du point où il se soude à l'article externe) une sphère très-réfringente, colorée en rouge ou en jaune intense. Les sphères jaunes l'emportent en nombre sur les rouges : aucun rayon lumineux ne peut atteindre la base des articles externes sans avoir traversé les sphères colorées. Les cônes, peu nombreux d'ailleurs, qui sont dépourvus de sphères colorées, renferment à leur place une sphère incolore fortement réfringente. Les cônes si rares de la rétine des chouettes ne renferment que des sphères incolores ou jaune pâle, mais point de rouges.

Parmi les reptiles, quelques-uns, comme les chéloniens, ont une rétine semblable à celle des oiseaux. Les sauriens et les ophidiens n'ont que des cônes qui tantôt renferment des sphères jaunes comme ceux des oiseaux (lézards, orvets), tantôt en sont dépourvus (caméléons, serpents).

Les batraciens ont des bâtonnets extrêmement larges et de très-petits cônes, dans chacun desquels est une sphère jaune pâle ou incolore.

Les poissons téléostéens ont des bâtonnets et des cônes comme les mammifères, les cônes dépourvus de sphères colorées. Les plagiostomes, au contraire, sont entièrement privés de cônes, comme les chauves-souris parmi les mammifères.

Après ce coup d'œil fort rapide sur les principaux résultats anatomiques du travail de M. Schultze, passons aux réflexions physiologiques que ces résultats suggèrent à l'auteur. L'organisation de la tache jaune et de la fosse centrale dans la

rétine humaine prouve non-seulement que les cônes suffisent entièrement à la vision, mais encore qu'ils ont une supériorité physiologique incontestable sur les bâtonnets. Toutefois, d'autre part, il est évident que les bâtonnets seuls suffisent aussi à la vision, puisque les chauves-souris et d'autres mammifères sont presque dépourvus de cônes. M. Schultze décompose avec M. Aubert le sens de la vue en trois sensations primitives : sens de la lumière, sens des couleurs et sens de l'espace. Or, il est évident que le sens de la lumière, c'est-à-dire la faculté d'apprécier des différences quantitatives de lumière, est l'apanage de tous les organes visuels, même les plus simples. Un seul élément nerveux terminal, un seul bâtonnet, par exemple, suffirait à cette fonction, et, dès que plusieurs bâtonnets sont réunis en un organe commun, le sens de l'espace s'associe nécessairement à celui de la lumière.

Le sens des couleurs, c'est-à-dire la faculté de percevoir les différences qualitatives de lumière, n'est point forcément aussi répandu que les deux premiers. Nous savons tous que le soir, à un moment où nous distinguons encore fort bien les formes des objets, nous ne savons nous rendre compte des couleurs. Pour un animal nocturne il n'existe donc pas de couleurs, et sa vision se réduit à la perception des petites différences d'intensité lumineuse qui peuvent accompagner les diverses couleurs. Si le sens des couleurs est lié à un élément anatomique déterminé, il est probable que cet élément doit faire défaut aux animaux vivant dans l'obscurité. M. Schultze est ainsi conduit à supposer que les cônes sont les organes nerveux terminaux destinés à la perception des couleurs, fonction qui serait entièrement étrangère aux bâtonnets.

Il est certain que cette hypothèse s'accorde assez bien avec certains faits tant anatomiques que physiologiques. C'est ainsi que la faculté de percevoir les couleurs diminue rapidement d'intensité, dans notre rétine, du centre à la périphérie. Or, la tache centrale de la rétine est formée exclusive-

ment par des cônes, et le nombre des bâtonnets augmente graduellement par rapport à celui des cônes à partir de la périphérie de cette tache jusqu'à l'*ora serrata*. La différence de fonction entre les bâtonnets et les cônes gagne d'ailleurs en vraisemblance par la forme très-différente, selon M. Schultze, des fibres rétiniennes auxquelles correspondent ces deux catégories d'organes. Les fibres des cônes, beaucoup plus larges que celles des bâtonnets, paraissent formées elles-mêmes d'un faisceau de fibrilles. Or, d'après la théorie Young-Helmholtz, la perception des couleurs nécessiterait au moins trois espèces de fibres. Dans tous les cas, la perception des couleurs est un phénomène beaucoup plus compliqué que la simple perception de la lumière, et présuppose nécessairement une pluralité des fibres nerveuses, ce qui n'est pas absolument nécessaire pour la simple perception de la lumière. La fibre homogène correspondant à chaque bâtonnet, semble donc ne point réaliser les exigences anatomiques de la perception des couleurs; en revanche, elle suffit à la perception de la simple lumière. Partout où il existe des cônes, ces organes sont essentiellement semblables entre eux; il est donc probable que chaque cône peut servir à percevoir des nuances très-différentes.

L'hypothèse de M. Schultze s'accorde aussi fort bien avec la structure de la rétine chez les oiseaux. Ici, une grande partie des cônes renferme en un point déterminé une sphère transparente colorée. M. Hensen a été le premier à remarquer que ces sphères pouvaient jouer un rôle dans la perception des couleurs, en absorbant certains rayons qui ne peuvent par suite attendre l'élément sensible. Chacun des cônes ainsi conformés ne peut être atteint dans sa région sensible que par des rayons colorés. La plupart de ces cônes renferment des sphères jaunes qui absorbent beaucoup de rayons violets et bleus. D'autres, en plus petit nombre, renferment des sphères d'un rouge de rubis qui ne laissent passer presque que des rayons rouges. Il semble donc exister

ici une disposition tout à fait étrangère à la rétine humaine, disposition par suite de laquelle il existe différentes espèces de cônes pour la perception de différentes couleurs. N'est-il pas remarquable que chez les oiseaux diurnes, animaux de lumière s'il en fût, il n'existe dans la règle guère que des cônes et fort peu de bâtonnets, mais que chez les animaux nocturnes le nombre des bâtonnets l'emporte énormément sur celui des cônes ?

M. Schultze a d'ailleurs donné au pigment jaune de la tache centrale de la rétine humaine une interprétation analogue. Il pense que ce pigment sert à l'absorbtion des rayons violets dont l'action photochimique est très-énergique.

Par suite d'une série de considérations, M. Schultze arrive à la conclusion que les cônes et bâtonnets ne sont pas sensibles à la lumière dans toute leur étendue, mais dans un point seulement de leur article interne, voisin de l'union de celui-ci avec l'article externe. Les rayons lumineux, après avoir traversé l'article externe et avoir été absorbés en partie par le pigment, seraient réfléchis sur eux-mêmes, et venant frapper la partie postérieure de l'article interne, l'irriteraient d'arrière en avant et provoqueraient la perception. Cette théorie rend compte physiologiquement de l'existence d'un tapis choroïdien dans l'œil de tant d'animaux. Le tapis n'a en effet de sens qu'à une condition : c'est que la lumière réfléchie par lui puisse arriver à être perçue. Plus la quantité de lumière réfléchie sur les articles internes des bâtonnets est grande, plus le sens de la lumière doit être développé. Or, chez les carnassiers, les ruminants et le cheval, qui possèdent un tapis, la faculté de se diriger dans l'obscurité est, comme on le sait, fort développée.

Quelque attrayante que soit cette théorie de M. Schultze, on ne peut guère s'attendre à la voir acceptée d'emblée par tous les physiologistes. Elle repose, en effet, sur des observations microscopiques au sujet desquelles les histologistes sont encore loin d'être d'accord. En même temps que le tra-

vail de M. Schultze, nous avons vu paraître d'autres recherches très-approfondies sur la structure comparée de la rétine, faites d'une manière toute indépendante par M. le Dr Steinlin, de St-Gall. Ce mémoire, extrêmement riche en observations de détail, est sans doute d'accord sur une foule de points avec les résultats anatomiques auxquels est arrivé M. Schultze. Mais sur d'autres, les divergences sont considérables. Nous trouvons en particulier, dans le mémoire de M. Steinlin, une doctrine inattendue qui, si elle était justifiée, suffirait à renverser la théorie de M. Schultze. M. Steinlin attribue, en effet, la perception de la lumière aux cônes seuls, mais il la dénie aux bâtonnets. Il n'y a là, il est vrai en partie, qu'une discussion de mots, en ce sens que M. Steinlin étend le nom de cône à des éléments appelés bâtonnets par d'autres auteurs. Mais, dans d'autres cas, la divergence est bien réelle, M. Steinlin considérant dans une foule de cas les bâtonnets des auteurs comme des prolongements des cellules pigmentaires qui se glisseraient entre les cônes rétiniens. Ce point mérite donc d'être étudié à nouveau, et nous doutons qu'il se résolve dans le sens de M. Steinlin.

L'étude du développement de la rétine a fourni plus d'un résultat intéressant. M. Schultze, M. Hensen, M. Steinlin sont d'accord pour soutenir l'opinion de M. Kölliker, d'après laquelle la couche de pigment n'appartiendrait point à la choroïde, mais bien à la rétine. Cette couche se développe, en effet, aux dépens des cellules du feuillet externe de la vésicule ophthalmique. Dans le principe, les deux feuillets de cette vésicule sont simplement juxtaposés et se séparent facilement l'un de l'autre. Plus tard, à l'époque de la formation des bâtonnets, les cellules de la couche pigmentaire envoient des prolongements entre les bâtonnets et les cônes, formant à chacun une espèce de gaîne. M. Schultze compare ces prolongements à un faisceau de cils très-fins; mais M. Steinlin considère les bâtonnets eux-mêmes comme des prolongements des cellules pigmentaires. D'après ces deux auteurs,

la couche de cônes et bâtonnets se différencierait beaucoup plus tard que les autres couches rétiniennes chez les mammifères. Les lapins et les chats ne présentent même, selon M. Schultze, encore aucune trace de cônes ni de bâtonnets au moment de la naissance. La cécité des nouveaux-nés chez ces mammifères tiendrait donc moins à l'occlusion des paupières qu'à l'imperfection de la rétine. Chez l'homme et les ruminants qui naissent les yeux ouverts, le développement des bâtonnets et des cônes a lieu dans les derniers temps de la vie utérine. E. C.

J.-L. PREVOST et F. COTARD. ÉTUDES PHYSIOLOGIQUES SUR LE RAMOLLISSEMENT CÉRÉBRAL; 1 vol. in-8°. Paris, 1866.

MM. Prevost et Cotard ayant eu l'occasion d'observer un grand nombre de ramollissements du cerveau dans l'hospice de la Salpêtrière, à Paris, ont eu l'idée d'instituer quelques expériences dans le but de reproduire artificiellement, sur des animaux, quelques-uns des symptômes du ramollissement cérébral. Ils ont réussi à déterminer expérimentalement cet ensemble de lésions multiples qu'on rencontre si souvent chez le vieillard: ramollissement cérébral, infarctus des reins, de la rate, de l'intestin, etc.

Suivant l'exemple de MM. Ehrmann, Panum, etc., les deux expérimentateurs ont eu recours surtout à l'injection de matières étrangères dans les artères. Ils ont essayé d'abord de poudres fines, comme la poudre de lycopode en suspension dans l'eau. Cette opération amène presque toujours une mort très-prompte des animaux. A l'autopsie on ne retrouve pas de lésion bien nette, sauf la présence de spores de lycopode dans les artérioles et quelquefois un peu de stase sanguine. Ces faits sont fort intéressants; en effet, supposons qu'au lieu de lycopode nous ayons de la graisse, des corps granuleux, des lamelles de cholestérine ou quelque corps analogue, leur présence pourrait facilement échapper à l'ob-

servateur. On aurait alors un cas de *mort subite*, un *coup de sang*, une *apoplexie* sans lésion appréciable, cas que l'on aurait anciennement désigné sous le nom d'*apoplexie nerveuse*. On voit donc que, dans les cas d'embolie capillaire, la mort peut survenir trop promptement pour qu'il se produise un ramollissement cérébral. Ce dernier, lorsqu'il est produit par une obstruction vasculaire, n'est en effet jamais qu'un phénomène secondaire.

En injectant directement ou indirectement des graines de tabac très-fines dans une des carotides, MM. Prevost et Cotard ont vu les chiens opérés ne survivre que peu de temps. Ils mouraient ordinairement au bout de 6 à 10 heures. Généralement, après avoir gardé longtemps sa connaissance et son intelligence, l'animal tombe tantôt dans un demi-coma, tantôt dans un carus complet; la respiration devient stertoreuse, et il meurt par asphyxie comme les apoplectiques. Malgré le peu de temps de survie, les expérimentateurs ont presque toujours trouvé à l'autopsie des lésions du cerveau évidentes.

Ces résultats étant incomplets, MM. Prevost et Cotard ont fait une nouvelle série d'injections à l'aide de graines de tabac d'un plus grand diamètre. Rarement ils ont réussi à obtenir l'oblitération des artères cérébrales : l'injection se portait dans l'aorte descendante, et ne donnait lieu qu'à des infarctus des viscères abdominaux. Cependant, deux fois les auteurs ont été assez heureux pour obtenir cette simultanéité des lésions. Cette preuve paraît suffisante, et les autres expériences ont permis d'établir la formation des infarctus viscéraux et de la comparer à celle du ramollissement cérébral.

Quand l'injection était faible, les symptômes immédiats observés étaient fort peu sensibles, et les lésions anatomiques se sont bornées souvent à des infarctus des reins. Dans plusieurs cas, les accidents furent plus considérables : l'animal se débattit, poussa des cris, tomba bientôt dans l'abattement et mourut. L'autopsie révéla alors des lésions viscérales graves. Ces lésions sont variées : c'est, par exemple, un ramollis-

sement rose du cerveau, une oblitération d'une artère coronaire du cœur, des infarctus du foie et de la rate, une gangrène plus ou moins avancée de l'intestin, etc. Mais les lésions les plus fréquentes et les plus remarquables sont celles des reins, qui ont présenté des infarctus dans toutes les expériences de cette série. Dans tous ces cas les auteurs ont constaté une oblitération de l'artériole correspondant à l'infarctus.

L'expérimentation sur des animaux permet donc de produire, au moyen d'embolies artificielles, des ramollissements identiques à ceux que l'on observe chez l'homme. MM. Virchow, Cohn, Panum, etc., étaient, il est vrai, arrivés déjà à ce résultat : mais les procédés employés par eux produisant une mort trop rapide, ne leur avaient pas permis d'étudier les diverses phases du phénomène. MM. Prevost et Cotard, au contraire, ont pu surprendre l'hypérémie du début, la dégénération nécrobiotique (pour parler le langage de M. Virchow) qui lui succède, enfin étudier la production du tissu conjonctif et la formation des plaques jaunes qui appartiennent à la dernière période du ramollissement. Ils ont pu établir, en particulier, qu'une congestion manifeste se produit habituellement dans les points où se distribue l'artère oblitérée, mais ils n'ont pu se rendre suffisamment compte de la cause de cette hypérémie. Quelle qu'en soit d'ailleurs l'explication mécanique, ce fait suffit pour établir que l'hypérémie des ramollissements rouges, assimilée généralement aux phlegmasies, doit être considérée comme d'une tout autre nature.

La partie exclusivement pathologique de ce travail remarquable est trop étrangère au cadre de cette revue, pour qu'il nous soit permis de nous y arrêter davantage. E. C.

J.-L. PREVOST. RECHERCHES EXPÉRIMENTALES RELATIVES A L'ACTION DE LA VÉRATRINE. (*Comptes rendus de la Soc. de Biologie,* décembre 1866.)

Plusieurs expérimentateurs se sont déjà occupés de l'ac-

tion physiologique de la vératrine. Mais ils ne sont pas d'accord entre eux sur tous les points, et par de nombreuses expériences instituées soit sur des grenouilles, soit sur des mammifères, M. Prevost montre que leurs conclusions laissent beaucoup à désirer. L'empoisonnement par la vératrine produit des accès de convulsions ou plutôt de contracture, que la plupart des auteurs considèrent comme une sorte de tétanos: ainsi MM. Faivre et Leblanc, Kölliker, etc. Ce phénomène serait donc le résultat d'une modification nerveuse. Tel n'est point l'avis de M. Prevost. Ses expériences l'amènent à conclure que la *vératrine* est un *modificateur* de la *contractilité musculaire*. On connaît bien déjà plusieurs poisons musculaires, mais, jusqu'à présent, ils sont tous considérés comme supprimant ou diminuant la contractilité des muscles : aucun n'est regardé comme un modificateur de cette contractilité.

Rien ne fait mieux saisir la légitimité des conclusions de M. Prevost qu'un parallèle de l'empoisonnement par la strychnine, agissant essentiellement sur le système nerveux, avec l'intoxication par la vératrine, agissant sur les muscles. Chez les animaux strychninisés, par exemple, la plus faible excitation périphérique fait toujours naître des convulsions générales ; chez les animaux vératrinisés, l'excitation produit des contractures qui se localisent souvent à l'endroit excité. Dans l'empoisonnement par la strychnine, pas de convulsions si la moelle est détruite : au contraire, dans l'empoisonnement par la vératrine les contractures spasmodiques peuvent naître, même après la destruction de la moelle, sous l'influence des excitations des nerfs ou des muscles. Chez les animaux strychninisés, les convulsions cessent dans les membres séparés du tronc et par conséquent de la moelle. L'excitation des bouts nerveux périphériques et des muscles ne produit alors que des contractions musculaires normales. Chez les animaux vératrinisés, au contraire, dans les membres séparés du tronc et par conséquent de la moelle, les contractures spasmodi-

ques spéciales peuvent naître par l'excitation des bouts nerveux ou l'excitation directe des muscles. Enfin, dans la strychnisation, les convulsions se produisent dans les membres isolés de la circulation par la ligature si les troncs nerveux sont intacts, tandis que rien ne se produit dans ce cas, chez les animaux vératrinisés, sur les membres qui ne reçoivent point de sang. E. C.

V. Hensen. Ueber den Bau, etc. Sur la structure de l'œil des Gastéropodes et sur le développement des yeux dans la série animale. (*Archiv für mikr. Anat.*, Band II, 1866, p. 399.)

Divers auteurs se sont occupés récemment de la structure de l'œil des Gastéropodes et plus spécialement de la rétine: ainsi MM. Leydig, Keferstein, Krohn, Hensen, Babouchine. Les travaux de ces savants ont montré avec évidence que la rétine des mollusques est divisée en une couche externe et une couche interne, séparées par un mince stratum de pigment. Mais tous les auteurs ne sont pas d'accord sur les parties de cette rétine qui sont directement impressionnées par les ondes lumineuses. Pour les uns, pour M. Hensen, en particulier, la couche interne est sensible à la lumière; pour les autres, elle serait au contraire insensible, et les rayons lumineux devraient passer à travers des insterstices du pigment pour aller irriter la couche externe de la rétine.

M. Hensen fait remarquer que le pigment joue, dans certaines théories de la vision des auteurs les plus récents, un rôle inadmissible. On a recours, par exemple, à la chaleur réfléchie par le pigment pour expliquer le phénomène de la vision. Toutefois, comme le fait remarquer l'auteur, l'exemple des albinos enseigne que les perceptions lumineuses ne cessent point lorsque le pigment est absent, et nous ne connaissons d'ailleurs aucun cas où le pigment soit absolument nécessaire à la perception de la lumière. Le pigment remplit,

en réalité, deux fonctions : D'abord, il absorbe la lumière superflue et empêche qu'elle ne soit trop réfléchie sur d'autres parties de la rétine, puis il arrête tous les rayons lumineux qui pourraient pénétrer dans l'œil par un autre chemin que la pupille, soit à travers la cornée, soit à travers le sclérotique. Cette seconde fonction est surtout d'une haute importance pour les mollusques. Chez beaucoup d'entre eux, chez les Hétéropodes par exemple, les parties qui entourent l'œil sont parfaitement transparentes et, même chez les escargots, l'ommatophore est assez transparent pour laisser voir parfois sans difficulté la couche externe de la rétine. Les rayons lumineux peuvent donc frapper cette couche externe de la rétine dans tous les sens, et M. Hensen en conclut avec raison qu'elle ne saurait être sensible à la lumière. La sensibilité pour les rayons lumineux semble donc bien être l'apanage de la couche interne accessible aux seuls rayons qui ont passé à travers le cristallin. Cette couche est seule physiologiquement comparable au stratum de bâtonnets des vertébrés.

En comparant les yeux des mollusques avec ceux d'autres animaux, M. Hensen attire l'attention sur la difficulté résultant des sens variables de certains termes. Les noms d'*œil*, de *rétine*, d'*iris* ont acquis un sens physiologique parfaitement déterminé; mais il n'en est pas de même des mots *sclérotique*, *cornée* et *choroïde*, parce qu'ils désignent des organes à fonctions variées et encore mal délimitées. Ainsi, par exemple, la sclérotique sert à la fois d'enveloppe protectrice de l'œil, de support de la cornée, de base pour l'attache des muscles, sans qu'il soit possible de dire qu'une de ces fonctions soit plus essentielle que les autres. Chez les vertébrés, le sclérotique et le névrilème du nerf optique sont considérés avec raison comme des prolongations de la duremère. Ce caractère morphologique semble devoir être le meilleur guide dans la recherche des homologies de la sclérotique. Mais lorsque nous arrivons à des animaux chez les-

quels les yeux ne se forment pas comme un bourgeonnement du cerveau et chez lesquels il n'y a plus de dure-mère, il devient bien difficile de parler encore de sclérotique.

Au point de vue de la structure de la rétine, il y a entre les vertébrés et les invertébrés un abîme qui semble défier toutes les homologies. En effet, chez les premiers, les bâtonnets forment la couche externe de la rétine; chez les seconds, ils en forment la couche interne. Et cependant, chose remarquable, malgré cette différence fondamentale dans l'organisation typique de la partie essentielle de l'organe de la vue, l'uniformité d'organisation persiste dans les organes accessoires. En effet, comme le remarque M. Hensen, chez les céphalopodes le cristallin continue d'être une production épithéliale, résultant d'une invagination de la peau comme chez les vertébrés. Il existe encore, chez ces mollusques supérieurs, un iris, une cornée, des paupières, organes qui disparaissent, il est vrai, tous les uns après les autres dans cette classe d'animaux. La sclérotique apparaît comme divisée en fragments : une partie forme la capsule externe de l'œil et porte la cornée; une autre enveloppe plus étroitement la rétine; elle est cartilagineuse, sert à l'attache de la musculature oculaire et rappelle l'anneau sclérotical des oiseaux et des reptiles. Toutefois, déjà chez les nautiles, il ne reste plus rien de ces parties homologues de la sclérotique. Chez les autres mollusques, il serait bien difficile de dire ce qu'on doit considérer comme la sclérotique. Il est tout aussi impossible de distinguer chez eux une cornée. On ne peut dire, en effet, que le caractère essentiel de la cornée soit d'être le premier milieu réfringent de l'œil. Les serpents nous enseignent le contraire, puisque chez eux ce premier milieu réfringent est formé par les paupières. D'ailleurs, chez une foule de mollusques, la région qu'on désigne habituellement sous le nom de cornée n'offre pas une transparence plus grande que le reste des enveloppes de l'œil.

Chez les vertébrés, la cornée a au contraire un sens très-

déterminé, d'autant plus qu'elle présente, d'après les observations de M. Hensen, un développement *sui generis*. Ce savant a vu chez l'embryon, immédiatement après l'invagination du cristallin, la cornée apparaître comme une membrane basilaire de l'épithélium, fort mince. Aussi longtemps que le cristallin renferme encore une cavité, il existe entre lui et la cornée, en avant de la membrane pupillaire, une sorte de tissu gélatineux entièrement semblable à celui du corps vitré à la même époque embryonnaire. Ni la sclérotique, ni la choroïde n'ont de connexion avec un tissu semblable.

Il est tout aussi difficile de déterminer chez les mollusques quel est l'homologue de la choroïde. Chez les vertébrés, cette membrane est à la fois vasculaire et pigmentaire. Les recherches concordantes de MM. Kölliker, Hensen, Schultze, Steinlin montrent avec évidence que l'épithélium noir de la choroïde est en réalité une dépendance de la rétine. Il est formé, en effet, par le feuillet externe de la vésicule ophthalmique primitive. M. Hensen prétend même s'être assuré que les cônes et bâtonnets sont engendrés par cet épithélium et non par le reste de la rétine. Dès lors, le caractère principal de la choroïde, c'est la vascularité. Aussi lui a-t-on souvent donné le nom de *vasculosa* dans l'anatomie humaine. A ce point de vue, il serait impossible de trouver la moindre trace d'une choroïde chez les invertébrés. La couche pigmentaire intra-rétinienne des mollusques, en particulier, ne mérite guère ce nom de choroïde.

Il est généralement admis que la vésicule ophthalmique qui forme plus tard la rétine, n'est qu'une extra-vagination du système nerveux central. Les recherches embryologiques de M. Hensen l'amènent non-seulement à confirmer cette manière de voir, mais encore à établir un parallèle complet entre les différentes couches de la rétine et celles qui forment dans le principe le tube nerveux central. E. C.

SCHWEIGGER-SEIDEL et DOGIEL. UEBER DIE PERITONEALHÖHLE. SUR LA CAVITÉ PÉRITONÉALE DES GRENOUILLES ET SES COMMUNICATIONS AVEC LE SYSTÈME LYMPHATIQUE. (*Ber. d. k. Ges. der Wiss. zu Leipzig; math. phys. Kl.*, 1866, p. 247.) — C. LUDWIG et SCHWEIGGER-SEIDEL. SUR LE CENTRE TENDINEUX DU DIAPHRAGME. (*Ibid.* p. 362.) — (Extrait de *Schmidts Jahrbücher*, août 1867, p. 155.)

MM. Schweigger-Seidel et Dogiel ont reconnu dans le péritoine des grenouilles l'existence d'ouvertures préformées qui mettent en communication directe la cavité du péritoine avec les voies lymphatiques. Ils ont reconnu aussi l'existence de ces ouvertures chez les lézards et les orvets, ce qui permet de supposer à cette organisation un certain degré de généralité.

Les recherches sur les grenouilles furent faites sur cette partie du péritoine qui part de la paroi abdominale postérieure, sous la forme d'une membrane, en apparence simple, pour aller, par sa moitié inférieure s'appliquer sur les reins et, par sa partie supérieure, se perdre dans les mésentères. Dans ce parcours, cette membrane sépare la grande citerne lymphatique de la cavité abdominale. Elle est formée d'une couche principale de tissu connectif et de deux couches d'épithélium, dont l'une regarde la cavité abdominale, l'autre la citerne lymphatique. La couche principale consiste en faisceaux minces de tissu connectif, juxtaposés de manière à laisser subsister entre eux des lacunes. Dans l'état de relâchement de la membrane ces lacunes ont la forme d'étroites fissures, mais dans l'état d'extension elles ont la forme de trous ronds ou ovales. Leur diamètre moyen est d'environ 0,03 mm. Les ouvertures sont semées sans régularité. Toutefois leur nombre est considérable.

Si l'on traite le revêtement péritonéal de cellules épithéliales appartenant à cette membrane par une solution de nitrate d'argent, on reconnaît qu'il est formé de cellules gran-

des, mais irrégulières, quelquefois très-allongées ou même fusiformes. Souvent ces longues cellules présentent un arrangement radiaire autour d'un centre commun. Un examen attentif permet de reconnaître que ce centre correspond toujours à une ouverture de la membrane principale. Dans les préparations traitées par le nitrate d'argent, les ouvertures sont souvent entourées d'une couronne de corps arrondis et bruns qui ont toute l'apparence de noyaux cellulaires. Telle est bien aussi leur signification, car ils absorbent énergiquement le carmin dissous dans l'ammoniaque. Les cellules à position radiaire ont en effet toutes leur noyau dans l'angle de convergence, et ces noyaux entourent par conséquent comme une couronne les ouvertures de la membrane péritonéale. Les trous de la membrane principale ont un bord parfaitement régulier qui se trouve dépassé par les pointes des cellules épithéliales. Celles-ci forment donc comme autant de villosités pénétrant dans le calibre de l'ouverture et paraissant pouvoir fermer celle-ci dans l'état de relâchement de la membrane.

La couche épithéliale appartenant au côté de la membrane péritonéale qui regarde la citerne lymphatique, est formée partout de cellules irrégulièrement polygonales. Les auteurs n'ont pas réussi à reconnaître clairement l'arrangement de ces cellules autour des pores. Cependant les ouvertures leur ont paru toujours plus petites du côté du sac lymphatique que du côté de la cavité abdominale. Les pores auraient donc une forme d'entonnoir.

L'existence de communications directes entre la grande citerne lymphatique et la cavité péritonéale, chez les grenouilles, est ainsi démontrée anatomiquement. Mais on peut la reconnaître aussi par voie expérimentale. Introduit-on, avec les précautions nécessaires, du carmin ou quelqu'autre pigment granuleux dans la cavité abdominale d'une grenouille vivante et laissée à elle-même, les granules colorés ne tardent pas à apparaître dans le torrent de la circulation

sanguine. Les particules solides d'une certaine ténuité passent toujours facilement de la cavité abdominale dans la grande citerne lymphatique, et de là dans le sac iliaque et le cœur lymphatique voisin. Ces voies lymphatiques, y compris le sac latéral, voisin du sac iliaque, peuvent être injectées sans difficulté chez les grenouilles soit mortes, soit vivantes par suite de la simple injection de bleu de Prusse ou de gélatine colorée dans la cavité abdominale. En revanche, il est impossible de faire passer l'injection de la cavité abdominale dans les sacs lymphatiques sous-cutanés, et, inversément, on ne réussit pas à pousser l'injection des sacs sous-cutanés dans la cavité abdominale.

Divers observateurs ont déjà annoncé l'existence de cils vibratiles dans la cavité abdominale des grenouilles. Relativement à la région que nous considérons, MM. Schweigger-Seidel et Dogiel ont confirmé l'existence de cellules vibratiles, et ils ont pu constater en outre qu'elles sont placées régulièrement autour des ouvertures. Elles sont beaucoup plus petites que les cellules épithéliales de la séreuse. Dans les préparations traitées par le nitrate, on reconnaît entre les grandes cellules irrégulières de petits champs occupés par une mosaïque cellulaire délicate qui porte encore çà et là quelques cils vibratiles. Toutefois ces petites cellules ne sont point placées exclusivement autour des ouvertures, mais disséminées en outre dans le reste de la membrane, aussi semble-t-il douteux qu'il y ait une liaison immédiate entre les cils et les ouvertures. Ce doute s'élève en quelque sorte à la certitude, lorsqu'on apprend que les cellules vibratiles sont un apanage des individus femelles exclusivement, et que même chez ceux-ci elles font défaut avant l'âge adulte.

MM. C. Ludwig et Schweigger-Seidel ont aussi fait une étude du centre tendineux du diaphragme au point de vue des communications des vaisseaux lymphatiques avec les cavités séreuses. Leur description est faite d'après le diaphragme du lapin.

Le centre tendineux permet de reconnaître à l'œil nu deux couches de tissu connectif, l'une radiaire, l'autre circulaire. La couche radiaire est placée du côté péritonéal et laisse subsister entre ses faisceaux des fentes larges de 0,06, 0,12 mm. La couche circulaire placée du côté de la plèvre est beaucoup plus uniforme. Il existe en outre deux couches beaucoup plus délicates, formées par la plèvre et le péritoine, couches dans lesquelles la direction des fibres est à peu près transversale.

Ces quatre couches ne sont pas intimement soudées, mais se laissent séparer successivement les unes des autres. Les troncs vasculaires sont plus rapprochés de la surface de la plèvre que de la surface opposée. Leurs rameaux plus fins pénètrent entre les différentes couches du centre tendineux, et cheminent surtout dans les fentes que nous avons signalées entre les faisceaux de la couche radiaire.

M. de Recklinghausen a montré qu'il est facile d'injecter les vaisseaux lymphatiques du centre tendineux parce que les particules solides, très-ténues, passent sans difficulté de la face inférieure du diaphragme dans l'intérieur des voies lymphatiques. A cet effet, un lapin est coupé en travers dans la région abdominale, l'œsophage et les gros vaisseaux sont compris dans une ligature commune avec la colonne vertébrale, avant l'ablation de l'intestin et de l'estomac. Puis, la moitié antérieure du corps de l'animal est suspendue, la tête en bas et la masse à injection est versée simplement dans la concavité du diaphragme. On laisse pendant cette expérience le foie dans sa position normale ou bien on le tire un peu en haut à l'aide d'un fil placé autour de la vésicule biliaire. Au bout de quelque temps, même dans le cas d'immobilité parfaite, les réseaux lymphatiques de la face convexe du diaphragme sont injectés. Le résultat est encore plus complet si l'on fait exécuter au diaphragme des mouvements rhythmiques par l'insufflation alternative des poumons à l'aide d'un tuyau fixé dans la trachée par une ligature.

A la suite d'une injection on trouve les réseaux lympha-

tiques proprement dits du côté pleural ; les vaisseaux à valvules qui en partent se dirigent en partie en avant vers les vaisseaux mammaires, en partie en arrière vers le canal thoracique. Du côté péritonéal du diaphragme les réseaux et les gros vaisseaux manquent entièrement. On remarque seulement ici des stries rayonnantes, colorées par la masse à injection, qui correspondent aux fentes de la couche radiaire. Ces stries sont toujours les premières à se remplir par l'injection. En examinant des coupes d'un centre tendineux injecté, on trouve les fentes placées entre les faisceaux radiaires plus ou moins injectées, mais les réseaux lymphatiques sont situés entre la couche de fibres circulaires et le plèvre. Stries et réseaux sont réunies par des cordons injectés qui passent verticalement ou obliquement entre les fibres circulaires. La masse d'injection est toujours renfermée dans des voies à contours parfaitement nets, sans qu'il y ait jamais d'extravasation entre les différentes couches de tissu. On ne voit pas davantage apparaître de fins ramuscules qu'on puisse interpréter comme les interstices du tissu connectif ou des canaux parenchymateux (*Saftcanälchen*). Il faut donc admettre que soit les fentes radiaires, soit les réseaux lymphatiques sont munis de parois propres.

Il est indubitable que des parties solides très-ténues peuvent aussi passer chez l'animal vivant de la cavité abdominale dans les vaisseaux lymphatiques. Un examen approfondi a permis de reconnaître encore les dispositions suivantes à l'appui de ce passage. La couche connective, soit membrane fondamentale du péritoine, offre des parties plus denses alternant avec des parties moins denses. Les premières dont les fibres sont disposées avec grande régularité recouvrent les faisceaux rayonnants du centre tendineux ; les parties moins denses, dans lesquelles des faisceaux connectifs très-ténus forment une sorte de réseau, passent sur les fentes placées entre les faisceaux rayonnants de la membrane fondamentale. A ces particularités fort régulières de la membrane fondamen-

tale du péritoine correspondent des particularités de la couche épithéliale. Lorsqu'on traite le côté ventral du centre tendineux à l'aide d'une solution de nitrate d'argent, on voit apparaître un système de stries déjà perceptible à un faible grossissement. Ces stries résultent de ce que les cellules épithéliales reposant sur les fentes sont très-petites et séparées par deux lignes noires, tandis que celles qui reposent sur les faisceaux rayonnants sont beaucoup plus grandes. Celles-ci ont un diamètre d'environ 0,032^{mm}, celles-là de 0,012 seulement. Les auteurs ont bien réussi à voir des ouvertures intercellulaires dans certaines préparations. Mais ces ouvertures n'étaient-elles point accidentelles? La réponse est incertaine, du moins les ouvertures ne se distinguent-elles pas comme celles du péritoine des grenouilles par un arrangement particulier des cellules d'épithélium. Il est, dans tous les cas, fort important d'avoir constaté que la membrane fondamentale du péritoine, sur laquelle repose l'épithélium, est formée de véritables mailles. En effet, de simples ouvertures de la couche épithéliale seraient sans importance si la membrane fondamentale n'était elle-même perméable.

Si la structure du centre tendineux que nous venons de décrire a pour résultat l'absorption et l'écoulement des liquides accumulés dans la cavité péritonéale, il est clair que les mouvements d'inspiration et d'expiration du diaphragme faciliteront cette résorbtion.

Signalons enfin une disposition assez remarquable des cellules épithéliales du côté péritonéal. La distribution régulière des petites cellules sur les fentes rayonnantes est fréquemment interrompue par des groupes de cellules encore plus petites. Celles-ci ont en partie l'apparence de corpuscules de la lymphe et les auteurs pensent être certains qu'elles sont produites par les cellules de la séreuse même. Cette multiplication des cellules de la séreuse n'aurait lieu que dans les régions correspondant aux fentes. Si ce phénomène est normal, nous aurions ici un cas dans lequel la production

de corpuscules lymphatiques pourrait être observée avec une parfaite certitude. Les éléments celluleux contenus dans les vaisseaux lymphatiques du diaphragme proviendraient de l'épithélium du péritoine. E. C.

BOTANIQUE.

Alph. de Candolle. Lois de la nomenclature botanique adoptées par le congrès international de botanique, tenu a Paris en aout 1867, suivies d'une deuxième édition de l'introduction et du commentaire qui accompagnaient la rédaction préparatoire [1].

La part considérable que nous avons prise à ce travail nous impose l'obligation de l'annoncer purement et simplement, quoique l'importance du sujet soit de nature à provoquer des réflexions ou des critiques.

Notre projet avait été, à l'origine, de traiter dans le congrès international de Paris de certaines questions controversées en matière de nomenclature. Le comité nous demanda de rédiger un code des lois de la nomenclature, sur lequel on choisirait des articles à discuter. Par le fait, le code ayant été condensé en soixante-huit articles coordonnés méthodiquement, il a été possible de le discuter d'un bout à l'autre, de la même manière qu'on discute un projet de loi dans une assemblée législative. Les membres avaient reçu le texte proposé, avec une introduction historique et un commentaire relatif aux points contestés ou contestables [2]. Ce travail préparatoire fut renvoyé à une commission, composée

[1] A Genève, chez H. Georg ; à Paris, chez J.-B. Baillière et fils. Une traduction anglaise paraît actuellement chez Lovell Reeve et Cie; et une traduction allemande paraîtra au commencement de 1868, chez Georg, libraire à Bâle et à Genève.

[2] Lois de la nomenclature botanique, etc., in-8°. Édition du 1er août 1867 ; à Genève, chez Georg ; à Paris, chez V. Masson et fils.

de botanistes appartenant à divers pays. Ensuite, le congrès délibéra pendant plusieurs séances, dans lesquelles nous avons naturellement renoncé à la présidence, pour nous renfermer dans le rôle de rapporteur et de défenseur du projet. Quelques articles ont été modifiés, améliorés, mais aucun changement d'une nature grave n'a été fait, et nous avons eu le plaisir de voir l'assemblée, après une longue séance, terminée à 11 ½ du soir, voter avec une satisfaction marquée et à l'unanimité, moins une voix, de *recommander* notre recueil *comme le meilleur guide à suivre dans la nomenclature botanique.* Cent-cinquante botanistes de toutes les nations avaient discuté et ont approuvé ce recueil.

Nous publions maintenant le texte des articles, conforme au texte officiel qui s'imprime à Paris dans le volume des Actes du congrès. Nous reproduisons la préface de la première édition relative à la nomenclature en général et aux progrès de la botanique descriptive, ainsi que notre commentaire, modifié d'après la discussion et accru de quelques renseignements survenus depuis les séances.

S'il nous est permis de caractériser brièvement un travail qui est le nôtre, nous dirons que, pour la première fois, les lois de la nomenclature ont été rédigées sous forme d'articles précis, dont chaque mot doit être pesé et analysé lorsqu'une question douteuse vient à se présenter. Les articles sont disposés méthodiquement, comme dans un code, c'est-à-dire qu'ils sont divisés selon leur objet, et que les principes sont toujours mis avant les détails. Un premier chapitre indique les principes généraux. Le second chapitre est relatif à la manière de désigner les groupes appelés classes, familles genres, etc. Le troisième et dernier traite de la manière de nommer chaque groupe de végétaux en particulier. Après les règles concernant la forme des noms, viennent des articles assez délicats sur ce qui constitue la publication d'un nom, le droit des auteurs et l'obligation de repousser des noms qui seraient proposés plus tard pour les mêmes groupes;

puis vient l'énumération des cas dans lesquels on doit conserver ou changer un nom existant, et l'on a eu soin de préciser ceux dans lesquels on doit éviter certaines formes, et ceux dans lesquels on doit non-seulement éviter, mais encore repousser, des noms qui ont été proposés dans la science. Telle est la disposition générale. Quant aux articles eux-mêmes, ils sont fondés sur les règles admises par l'ensemble ou par la majorité des botanistes les plus estimés du dix-neuvième siècle, et lorsque les usages ou les idées ont différé, nous avons cherché ce qui nous paraissait le meilleur, soit en remontant aux principes, soit en examinant les conséquences dans la pratique de tel ou tel usage.

Sur quelques points nous sommes en désaccord avec la majorité des zoologistes, surtout avec les règles posées par MM. Strickland, Owen, etc., dans l'association britannique en 1842, mais sur ces points même nous pouvons invoquer l'opinion de zoologistes distingués, par exemple de M. Agassiz, et nous marchons avec la totalité des botanistes anglais.

Alph. DC.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1867.

Le 1er, forte rosée ; brouillard pendant une heure le matin.
4, neige pendant la nuit précédente sur les montagnes des environs ; la neige a pris pied jusqu'à la hauteur du petit Salève.
6, forte gelée blanche le matin ; beau halo solaire de 3 $^1/_4$ h. à 4 $^1/_4$ h. ; belle couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.
9, neige sur les montagnes ; couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
11, couronne lunaire dans la soirée.
12, id.
14, la neige a disparu du Salève et des Voirons.
23, dans la soirée, forte rosée.
24, brouillard presque tout le jour.
25, id.
26, id.
28, neige sur toutes les montagnes des environs.
29, gelée blanche le matin ; minimum + 0,6.
30, id.
31, forte rosée le matin à 6 h. ; après 6 h, il s'est formé de la gelée blanche, minimum + 0,1.

Variations extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. matin...	733,07	Le 1 à 6 h. matin...	731,14
6 à 8 h. soir.....	730,95	3 à 10 h. soir.....	720,70
9 à 8 h. soir.....	726,02	8 à 4 h. après-m..	717,28
11 à 8 h. soir.....	726,84	10 à 3 h. après-m..	715,86
17 à 8 h. matin...	732,60	13 à 6 h. matin...	722,03
22 à 10 h. matin...	733,34	19 à 6 h. matin...	723,96
26 à 10 h. matin...	735,13	24 à 6 h. matin. .	726,79
29 à 6 h. soir	732,99	28 à 6 h. matin...	719,81

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	731,65	+ 5,08	+11,42	—0,87	+ 5,3	+16,4	7,05	—1,63	714	—107	530	990	...	..	N. 3	0,24	15,7	+ 0,2	163
2	731,32	+ 4,78	+11,99	—0,14	+ 8,3	+18,9	8,36	—0,25	803	— 20	520	960	...	..	variable	0,42	15,5	+ 0,1	161
3	723,81	— 2,71	+13,48	+1,51	+ 9,8	+16,9	8,86	+0,32	763	— 61	630	880	2,4	2	S. 2	0,94	15,2	— 0,1	158
4	723,37	— 3,12	+ 5,80	—6,01	+ 4,2	+12,3	4,90	—3,57	737	— 89	530	930	2,6	3	variable	0,77	15,0	— 0,2	155
5	726,05	— 0,41	+ 4,70	—6,95	+ 3,1	+ 8,2	4,49	—3,91	732	— 95	460	890	0,2	1	variable	0,80	15,1	0,0	152
6	730,01	+ 3,57	+ 3,96	—7,53	— 1,9	+10,0	4,06	—4,27	685	—144	450	1000	...	..	S. 1	0,59	...	.....	150
7	727,00	+ 0,58	+ 9,51	—1,81	+ 4,3	+13,1	6,53	—1,73	723	—108	600	850	12,8	5	SSO. 2	1,00	13,8	— 1,0	149
8	718,09	— 8,31	+ 6,74	—4,42	+ 4,9	+11,9	5,93	—2,26	823	— 9	730	920	16,0	14	SSO. 1	0,99	10,8	— 3,9	148
9	724,15	— 2,23	+ 5,09	—5,90	+ 2,8	+ 9,8	5,03	—3,09	788	— 46	540	940	...	..	variable	0,84	8,8	— 5,8	148
10	717,72	— 8,64	+ 6,00	—4,83	+ 3,3	+10,9	5,57	—2,48	802	— 33	590	910	0,8	2	SO. 2	0,99	8,2	— 6,3	145
11	725,99	— 0,35	+ 5,75	—4,91	+ 4,0	+ 8,0	4,55	—3,43	682	—154	560	790	...	..	NNE. 3	0,57	8,9	— 5,5	144
12	723,92	— 2,40	+ 5,91	—4,58	+ 1,3	+12,0	4,96	—2,94	737	—100	450	950	...	..	variable	0,72	10,9	— 3,4	143
13	722,99	— 3,32	+ 6,90	—3,42	+ 2,9	+ 9,7	5,90	—1,92	790	— 48	680	880	0,7	2	SSO. 1	0,99	...	.....	143
14	727,51	+ 1,22	+13,46	+3,31	+ 8,0	+20,4	8,36	+0,61	731	—108	500	940	...	..	variable	0,62	12,0	— 2,0	141
15	729,97	+ 3,69	+11,03	+1,05	+ 8,4	+15,0	8,74	+1,07	898	+ 58	680	970	1,4	4	variable	0,94	12,0	— 1,9	139
16	729,86	+ 3,59	+11,44	+1,63	+ 9,4	+15,7	9,67	+2,07	957	+116	870	1000	4,6	9	SSO. 1	0,99	12,0	— 1,7	137
17	731,42	+ 5,16	+12,41	+2,77	+10,6	+17,1	10,12	+2,60	945	+103	830	990	5,5	7	N. 1	0,90	12,1	— 1,5	137
18	727,41	+ 1,16	+12,60	+3,13	+11,1	+14,9	9,73	+2,29	903	+ 60	810	950	3,3	4	SSO. 1	1,00	12,0	— 1,5	137
19	725,03	— 1,21	+ 9,68	+0,38	+ 6,0	+13,1	7,72	+0,35	881	+ 37	680	980	11,2	5	SO. 1	0,84	11,9	— 1,5	136
20	725,63	— 0,60	+ 7,18	—1,95	+ 4,4	+11,9	6,52	—0,77	870	+ 26	630	980	1,0	2	SO. 1	0,77	...	.....	135
21	731,93	+ 5,71	+ 8,58	—0,32	+ 4,4	+12,0	6,55	—0,67	787	— 58	630	950	...	..	NNE. 2	0,60	11,8	— 1,3	134
22	732,54	+ 6,33	+ 9,66	+0,87	+ 8,4	+11,6	6,97	—0,17	791	— 54	700	820	...	..	N. 1	0,86	11,7	— 1,3	133
23	729,19	+ 2,98	+10,33	+1,72	+ 6,8	+16,0	7,91	+0,85	863	+ 17	700	1000	...	..	N. 1	0,43	11,8	— 1,0	131
24	727,10	+ 0,89	+ 8,02	—0,42	+ 4,7	+11,2	7,99	+1,00	987	+141	910	1000	0,2	1	N. 1	0,97	11,9	— 0,8	131
25	733,17	+ 6,97	+ 8,60	+0,33	+ 7,4	+10,8	8,06	+1,15	976	+129	900	1000	0,2	1	NNE. 1	1,00	11,8	— 0,8	128
26	734,15	+ 7,95	+ 8,10	0,00	+ 7,3	+ 9,6	7,66	+0,83	960	+113	910	980	...	..	variable	1,00	11,9	— 0,6	126
27	726,84	+ 0,65	+ 7,46	—0,46	+ 5,6	+ 9,5	7,54	+0,79	975	+127	910	1000	13,8	8	variable	1,00	...	.....	125
28	724,61	— 1,58	+ 4,84	—2,91	+ 3,1	+12,8	5,51	—1,16	882	+ 34	680	1000	14,5	13	SSO. 1	0,89	11,6	— 0,6	124
29	732,47	+ 6,28	+ 4,76	—2,81	+ 0,6	+ 9,2	5,66	—0,94	868	+ 20	750	940	...	..	variable	0,16	11,6	— 0,5	124
30	731,58	+ 5,38	+ 5,82	—1,58	— 0,2	+15,0	5,69	—0,83	825	— 23	590	990	...	..	SSO. 1	0,02	11,6	— 0,3	123
31	731,32	+ 5,12	+ 6,07	—1,16	+ 0,1	+13,0	6,36	—0,09	883	+ 34	650	1000	...	..	variable	0,17	11,7	— 0,1	122

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1867.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,51	725,87	725,81	725,41	724,99	724,76	724,99	725,42	725,57
2 »	726,54	727,01	727,28	727,07	727,01	726,90	727,12	727,39	727,49
3 »	730,12	730,89	731,03	730,62	730,18	730,03	730,37	730,48	730,65
Mois	727,48	728,02	728,13	727,79	727,48	727,32	727,59	727,85	727,99

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	+ 5,42	+ 5,56	+ 9,16	+10,58	+10,99	+10,56	+ 8,82	+ 7,88	+ 7,34
2e »	+ 7,86	+ 9,24	+10,48	+12,18	+12,63	+12,02	+10,08	+ 9,34	+ 8,62
3e »	+ 5,39	+ 6,25	+ 8,47	+ 9,55	+10,17	+ 9,68	+ 8,81	+ 7,87	+ 7,04
Mois	+ 6,20	+ 7,32	+ 9,33	+10,73	+11,23	+10,72	+ 9,22	+ 8,35	+ 7,65

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,01	6,29	6,18	6,33	6,21	6,23	6,34	6,11	6,14
2e »	7,38	7,70	7,93	7,75	7,94	7,88	7,86	7,74	7,63
3e »	6,34	6,59	6,91	7,10	7,23	7,49	7,33	7,13	7,11
Mois	6,57	6,85	7,00	7,06	7,13	7,22	7,18	7,00	6,96

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	876	847	702	654	613	637	726	752	786
2e »	904	858	819	721	712	729	831	866	894
3e »	831	913	836	805	786	838	860	889	936
Mois	905	874	787	729	706	738	807	837	874

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 4,41	+12,84	0,76	13,12	34,8	152,9
2e »	+ 6,61	+13,78	0,83	11,47	27,7	139,2
3e »	+ 4,38	+11,88	0,65	11,74	28,7	127,4
Mois	+ 5,11	+12,80	0,74	12,12	91,2	139,4

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,91 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 87°,9 O., et son intensité est égale à 8,7 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1867.

Le 3, brouillard depuis 10 h. du matin.
4, id. tout le jour.
5, id. jusqu'à 4 heures du soir.
6, id. id. 6 id.
8, le lac a été entièrement couvert de glace
9, brouillard à peu près toute la journée.
12, id. id. id.
16, id. le matin et le soir. La neige tombée a été enlevée par le vent.
17, id. à 6 h. du matin.
18, id. de 8 à 10 h. du matin.
19, id. à 2 et à 6 h. du soir.
20, id. depuis 6 h. du soir.
21, id. jusqu'à 8 h. du matin et de 2 à 4 h. de l'après-midi.
23, id. tout le jour.
24, id. le matin et le soir.
28, id. depuis 10 h. du matin. La neige tombée dans la nuit a été enlevée par la violence du vent.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin...	570,41	Le 1 à 6 h. matin...	568,72
7 à 2 h. après.-m.	566,14	4 à 8 h. matin...	555,90
9 à 10 h. soir....	559,28	8 à 6 h. soir....	553,13
15 à 8 h. soir....	570,58	10 à 6 h. soir....	552,99
22 à midi.........	570,78	20 à 6 h. matin...	561,14
25 à 10 h. soir....	572,01	24 à 6 h. matin...	565,79
31 à 10 h. soir....	570,44	28 à 8 h. matin...	556,81

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant		Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.				
1	568,97	+ 3,40	568,72	569,72	+ 2,46	+ 1,21	+ 0,8	+ 4,2	.....	.....	.....	NE.	2	0,02
2	569,28	+ 3,79	568,36	570,41	+ 2,70	+ 1,59	+ 1,0	+ 5,6	.....	....	.....	SO.	1	0,11
3	562,95	— 2,46	559,25	565,83	+ 1,56	+ 0,59	+ 0,2	+ 3,7	.....	.....	.....	SO.	1	0,80
4	556,79	— 8,53	555,90	557,45	— 9,08	— 9,91	—10,4	— 7,4	50	6,7	6	NE.	3	1,00
5	558,36	— 6,88	556,55	559,76	— 9,99	—10,68	—11,4	— 7,8	10	1,0	2	NE.	3	0,99
6	561,76	— 3,40	559,74	562,78	—11,09	—11,64	—13,6	— 7,7	.....	.....	.....	NE.	2	0,91
7	563,81	— 1,27	561,93	566,14	— 0,03	— 0,43	— 2,8	+ 4,0	50	3,5	5	NE.	1	0,82
8	554,34	—10,66	553,13	556,39	— 5,30	— 5,55	— 8,5	— 2,0	300	19,0	12	NE.	2	1,00
9	557,33	— 7,39	554,72	559,28	— 9,61	— 9,72	—10,5	— 6,7	.....	.....	.....	NE.	3	0,97
10	554,47	—10,37	552,99	557,08	— 6,33	— 6,29	— 9,5	— 1,8	.....	.....	.....	NE.	3	1,00
11	558,35	— 6,41	557,85	558,95	— 9,12	— 8,93	—10,6	— 5,7	.....	.....	.....	NE.	2	0,78
12	558,22	— 6,46	557,77	559,02	— 8,54	— 8,20	—10,7	— 4,8	.....	.....	.....	NE.	1	0,88
13	561,36	— 3,24	559,53	563,69	— 6,76	— 6,27	— 9,3	— 4,5	.....	.....	.....	SO.	2	0,98
14	567,79	+ 3,27	565,66	569,15	— 0,48	+ 0,15	— 1,3	+ 1,1	20	4,0	4	SO.	1	0,43
15	569,94	+ 5,50	568,80	570,58	— 0,03	+ 0,75	— 1,7	+ 1,6	.....	.....	.....	SO.	1	0,99
16	570,13	+ 5,77	569,74	570,57	— 0,31	+ 0,62	— 0,5	+ 0,4	.....	9,3	10	SO.	1	1,00
17	569,81	+ 5,53	568,57	570,55	+ 2,98	+ 4,06	+ 0,7	+ 5,9	.....	.....	.....	SO.	1	0,81
18	565,95	+ 1,74	564,35	567,61	+ 0,71	+ 1,94	+ 0,2	+ 3,1	20	9,7	9	SO.	1	0,94
19	562,31	— 1,82	561,85	563,05	— 0,90	+ 0,48	— 3,7	+ 3,7	.....	.....	.....	NE.	1	0,79
20	562,18	— 1,87	561,14	563,55	— 3,21	— 1,68	— 4,6	— 0,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,97
21	566,92	+ 2,95	565,04	568,63	— 3,22	— 1,54	— 7,1	— 0,3	.....	.....	.....	NE.	1	0,38
22	570,38	+ 6,48	569,73	570,78	+ 1,72	+ 3,55	+ 1,1	+ 2,9	.....	.....	.....	SO.	1	0,78
23	567,99	+ 4,16	567,22	569,01	— 0,29	+ 1,69	— 0,4	+ 0,3	.....	.....	.....	SO.	1	1,00
24	566,60	+ 2,85	565,79	568,12	— 0,52	+ 1,61	— 0,7	+ 0,3	.....	.....	.....	SO.	1	1,00
25	570,88	+ 7,20	569,13	572,01	— 0,50	+ 1,78	— 1,4	+ 1,5	80	35,0	12	SO.	1	0,52
26	571,27	+ 7,66	570,79	571,94	+ 0,71	+ 3,14	— 1,4	+ 3,5	.....	.....	.....	SO.	1	0,13
27	565,82	+ 2,28	562,84	568,66	+ 0,72	+ 3,30	— 2,0	+ 3,9	.....	.....	.....	SO.	1	0,64
28	558,94	— 5,43	556,81	560,27	— 7,40	— 4,68	—10,5	— 1,5	.....	.....	.....	NE.	3	0,94
29	566,59	+ 3,19	564,03	568,89	— 3,52	— 0,65	—11,0	+ 0,5	.....	25,7	8	NE	2	0,06
30	569,33	+ 6,00	569,04	569,71	+ 3,26	+ 6,28	+ 1,6	+ 7,1	.....	.....	.....	NE.	1	0,00
31	569,73	+ 6,47	568,81	570,44	+ 3,16	+ 6,33	+ 0,6	+ 5,5	.....	.....	.....	NE.	1	0,04

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermo-graphe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	560,93	560,78	561,07	561,11	561,02	560,68	560,71	560,71	560,60
2e «	564,16	564,20	564,64	564,55	564,56	564,63	564,95	565,06	565,06
3e «	567,15	567,44	567,61	567,63	567,55	567,60	567,69	567,97	568,11
Mois	564,16	564,25	564,54	564,53	564,48	564,41	564,55	564,69	564,70
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 5,21	— 4,49	— 3,65	— 2,59	— 2,07	— 3,36	— 4,96	— 5,33	— 5,59
2e «	— 3,63	— 2,71	— 1,55	— 0,53	— 1,00	— 1,86	— 2,96	— 2,92	— 2,94
3e «	— 1,51	— 1,03	— 0,14	+ 1,07	+ 1,42	+ 0,54	— 0,55	— 0,72	— 0,90
Mois	— 3,39	— 2,69	— 1,73	— 0,63	— 0,49	— 1,49	— 2,75	— 2,92	— 3,07

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 6,47	— 1,59	0,76	30,2	410
2e «	— 4,15	+ 0,07	0,86	23,0	40
3e «	— 2,84	+ 2,15	0,50	60,7	80
Mois	— 4,43	+ 0,27	0,70	113,9	530

Dans ce mois, l'air a été calme 9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 39,1 sur 100.

* Voir la note du tableau.

LE GENERA PLANTARUM

DE

MM. BENTHAM ET J.-D. HOOKER[1]

PAR

M. Alph. DE CANDOLLE.

Chaque année on publie des flores, en grand nombre, des monographies, des mémoires de toute espèce, mais l'apparition d'un *Genera plantarum* a toujours été un événement rare dans la science. L'ouvrage de MM. Bentham et Hooker fils, dont nous nous proposons de parler est, à vrai dire, seulement le sixième de cette nature, depuis la constitution régulière des genres, au commencement du siècle dernier. En effet, si nous laissons de côté les énumérations de genres nouveaux et de genres de certains pays, un petit nombre de compilations incomplètes ou insignifiantes, et les tableaux d'Adanson relatifs surtout aux familles, nous devons regarder comme le plus ancien ouvrage sur les genres de celui des *Institutiones* de Tournefort, publié en 1709. C'est là que les genres botaniques sont pour la première fois distingués nettement, définis par des caractères et même représentés par des figures analytiques. Les espèces y sont seulement énumérées; elles y sont aussi étrangement mêlées avec des variétés ou monstruosités, de sorte que le mérite du

[1] *Genera plantarum*, etc., in-8°. Londini, vol. I, 1862-67 (p. 1040), sistens Dicotyledonum polypetalarum ordines LXXXIII (Ranunculaceæ-Cornaceæ).

travail est bien essentiellement dans la définition des genres. Le *Genera* de Linné a paru en 1737. L'ouvrage classique d'Antoine Laurent de Jussieu est de 1789. Presque simultanément (1790) de Necker fit paraître sous le titre d'*Elementa* une énumération, beaucoup moins remarquable, des genres alors connus, avec l'indication de leurs caractères. Il s'écoule ensuite un temps considérable, et, en 1836, deux savants botanistes, Endlicher et M. Meissner, se mettent à publier séparément et simultanément des *Genera plantarum*. Enfin, en 1862, MM. Bentham et Hooker entreprennent de nouveau cette tâche toujours grande et difficile.

Etait-ce un travail commandé alors impérieusement par l'état de la science? Ou bien les deux zélés botanistes anglais ont-ils surtout consulté leurs forces, leur intelligence pratique de la classification et la richesse extraordinaire des matériaux dont ils disposent? Je croirais plutôt cette dernière alternative. Le *Prodromus*, de sa marche lente, mais régulière, passait graduellement sur toute la grande classe des Dicotylédones, créant ou détruisant beaucoup de genres et les mettant les uns après les autres à l'épreuve par une révision complète des espèces. Le *Genera* d'Endlicher, ouvrage d'une perfection remarquable et d'un format commode, était encore dans toutes les mains. La division des Cryptogames subit de profondes transformations qu'il sera difficile, pendant plusieurs années, de condenser en des genres ou sous-genres vraiment stables, analogues à ceux des Phanérogames. D'ailleurs, l'histoire de la botanique vient de nous montrer qu'il s'est écoulé communément plus d'un quart de siècle entre les publications de *Genera*. D'un autre côté, peu de botanistes sont aussi bien placés que

MM. Bentham et Hooker pour un travail de cette nature. Chacun d'eux a publié déjà des flores de pays divers et des monographies, deux sortes d'ouvrages qui développent le tact et le jugement en fait de classification naturelle. Ils ont du coup d'œil et de l'expérience. La disposition de leur esprit n'est pas de s'absorber dans les détails. Ils aiment à grouper les faits, et comme ils ont sous la main d'immenses herbiers, avec une riche bibliothèque, il est aisé de comprendre comment l'œuvre d'un *Genera* les a séduits. Il arrive assez souvent aux naturalistes et à tous les savants, de se laisser conduire par leurs aptitudes individuelles, ou par des circonstances particulières plus que par des considérations sur l'état général de la science. Lorsque De Candolle commença le *Systema* et le *Prodromus*, le moment était mal choisi. Les voyageurs rapportaient chaque année mille ou deux mille espèces nouvelles. C'était comme une submersion des genres et des familles à mesure que la révision s'opérait; et cependant ne vaut-il pas mieux que le travail ait été essayé courageusement et continué? Les auteurs du nouveau *Genera* auront à traverser dans la série des familles des régions entières dans lesquelles ils trouveront peu de choses à corriger ou modifier. Cependant, puisque cette entreprise leur a souri, ne les blâmons pas. On ne fait bien que ce qu'on aime, et un emploi sérieux du temps de botanistes capables a toujours de bons résultats. Le premier volume du nouveau *Genera*, qui vient de s'achever, en est une preuve. Le prochain, dans lequel se trouvera l'immense famille des Composées, aura probablement une importance encore plus grande, à cause des nombreuses retouches et additions faites par divers auteurs, depuis le *Prodromus*.

Au premier aperçu, l'ouvrage n'a pas cette ordonnance régulière, je dirai même magistrale qu'on admire dans le livre d'Endlicher. Les grandes divisions du règne n'y sont pas exposées dès le début et coordonnées avec le reste. Elles sont expréssement réservées. Cela tient à une différence profonde dans la manière de procéder. Endlicher avait construit son *Genera* surtout avec les livres; nos auteurs rédigent surtout avec les plantes. Endlicher, malgré toute sa capacité, n'aurait pas pu achever en quatre ans son travail, s'il avait voulu vérifier tous les caractères et innover en recourant à l'examen direct des espèces. Sans doute, il a vu beaucoup de plantes, ou plutôt il avait vu et il a profité de ses notes pour améliorer çà et là, mais il n'a pas indiqué ce qu'il a vu, et, en général, on a le sentiment en le consultant qu'il a peu vérifié et qu'il brille surtout par une exposition aussi complète que lucide des travaux de ses devanciers. MM. Bentham et Hooker, au contraire, travaillent sur les plantes. Leur titre porte : *Genera plantarum ad exemplaria imprimis in herbariis kewensibus servata definita.* C'est clair et c'est vrai. Nous savons, grâce aux relations amicales qui nous unissent aux deux auteurs, qu'ils analysent pour leur travail des milliers d'échantillons. En consultant leur ouvrage, on peut donc partir de cette base qu'ils ont vérifié les caractères, excepté dans les cas rares où ils disent n'avoir pas pu le faire. Ceci est un point capital. Depuis de Jussieu aucun *Genera* n'a été rédigé aussi complétement d'après nature.

De là, nécessairement quelque lenteur. La publication du premier volume par les deux écrivains a exigé cinq ans, comme l'ouvrage tout entier d'Endlicher. Une autre conséquence a été de renvoyer à la fin, après une revue

complète des familles, de parler des grandes divisions et des grandes classes. Pour le moment, nos auteurs se bornent à indiquer une première catégorie de Dicotylédones, les *Polypétales*, qui se subdivisent en *Thalamiflores*, *Disciflores* et *Calyciflores*. Celles-ci comprennent des cohortes et des familles, plus évidentes assurément que le groupe nouveau des Disciflores. On ne voit pas encore ce qu'il adviendra des Gymnospermes, ni comment certaines familles de Monochlamydées, soit Apétales, qui touchent à plusieurs Polypétales, se trouveront finalement arrangées. Du reste, MM. Bentham et Hooker ont adopté dans la série des familles l'ordre du Prodromus, non pas, sans doute, qu'ils le regardent comme parfait — il n'y a point d'ordre linéaire parfait, et il ne peut y en avoir, — mais parce que c'est un ordre connu et commode. C'est celui d'une quantité de Flores et de beaucoup d'herbiers. C'est aussi un ordre logique sous ce point de vue qu'il fait commencer l'énumération par des familles aisées à comprendre, dans lesquelles aucune question difficile d'organographie ne vient vous arrêter. Ainsi, dans les Renonculacées, tous les organes de la fleur reposent sur une extrémité d'axe, et montrent leur analogie intime avec la feuille. Les ovaires sont supères. Les soudures entre eux offrent des degrés qui facilitent l'intelligence du phénomène. Les ovules naissent clairement des bords de chaque feuille carpellaire (Delphinium). Placer les Renonculacées à la tête du règne végétal ne répond certainement pas à l'idée de signaler une forme parfaite dans le sens de très-compliquée, encore moins une forme très-déviée de l'état typique, mais cela répond au besoin de notre esprit de marcher du connu à l'inconnu. Beaucoup d'autres arrangements dans la série du Prodromus sont moins faciles à

justifier, seulement il faut convenir que les autres dispositions proposées par Lindley, Endlicher, Brongniart, Agardh fils, etc., présentent aussi des objections, et qu'il est essentiellement pratique de se rattacher, dans le doute, à l'ouvrage le plus considérable, au seul *Species* de l'époque actuelle. Cela épargne aux lecteurs de feuilleter beaucoup ou de chercher continuellement dans les tables. Les véritables rapports, très-compliqués, des groupes les uns avec les autres sont, avons-nous dit, réservés, et la conclusion de l'ouvrage pourra les mettre mieux en évidence que des transpositions faites au fur et à mesure dans la série des familles.

Pour la manière dont les genres sont groupés en tribus et familles, nous préférons le nouveau *Genera* à celui d'Endlicher. L'exposition y est plus claire et plus commode à certains égards. Par exemple, MM. Bentham et Hooker n'admettent pas des groupes annexés d'une manière vague aux familles, avec une désinence de tribu, sans être des tribus. Quand on hésite sur la place ou sur la nature d'un groupe, le moyen le plus simple de l'indiquer est de mettre un point d'interrogation. Il n'en résulte ni embarras ni équivoques, tandis que, par exemple, les Coriariées, d'Endlicher, annexées aux Malpighiacées, sans numéro de famille ou de tribu, les Grubbiacées, Nyssacées, Antholobées, etc., annexées de la même manière aux Santalacées, et bien d'autres, sont mal aisées à comprendre et à citer. Quelques auteurs les mentionnent comme des familles d'Endlicher, d'autres comme des tribus. La synonymie se complique avec ces moyens termes, et l'on ne reconnaît plus dans ce cas la rédaction ordinairement si claire du savant allemand.

Les tableaux synoptiques de MM. Bentham et Hooker

sont nombreux. Ils sont habilement faits. On les trouve à chaque degré de la classification : pour les divisions de classes, cohortes et familles. Ils prennent peu de place et cependant paraissent bien conformes au texte, ce qui n'est pas le cas dans tous les livres. On trouvera ces résumés très-commodes. On appréciera aussi l'innovation, assez originale, de nos auteurs, d'indiquer séparément et nettement les exceptions, les anomalies, qui se présentent, soit dans les genres, soit dans les familles ou les cohortes. Le botaniste qui cherche, pour déterminer une plante, et qui peut-être tient dans sa main une forme exceptionnelle, est averti. En même temps, les caractères des groupes en sont abrégés. Ils sont moins encombrés de ces *vel*, qui allongent et embrouillent ordinairement. C'est pratique. Seulement le lecteur ne doit pas oublier que les exceptions rentrent dans le groupe, et qu'en réalité un caractère est composé de la règle avec les exceptions, d'où il résulte qu'on ne doit pas, par exemple, transcrire le caractère sans les exceptions, de même qu'il ne faut pas transcrire une phrase spécifique du *Prodromus* sans tenir compte des mots placés en dehors et en évidence pour constituer des associations d'espèces.

Comme on devait s'y attendre dans un *Genera*, les caractères des genres et des familles sont la partie la plus soignée du travail. La synonymie, celle des familles surtout, est assez abrégée. Il est permis de regretter peut-être l'absence de la citation ordinaire de l'auteur qui a créé chaque nom de famille ou de tribu, et l'indication de ce qu'était une famille dans les ouvrages anciens les plus importants. On aime être averti par le nom d'un auteur qu'un groupe n'est pas nouveau comme famille ou comme tribu, et il n'est pas indifférent non plus de

savoir, sans chercher ailleurs, que telle tribu était envisagée comme une famille ou telle famille comme une tribu par tel ou tel botaniste d'un certain mérite. Nous croyons cependant que MM. Bentham et Hooker ont bien fait de ne pas répéter tous les synonymes de familles, tribus, genres, sous-genres et sections qui existent déjà dans le Prodromus, dans Endlicher, Meissner, etc. Ils ne mentionnent ces synonymes déjà constatés que s'ils ont quelque chose à en dire, et, en fait de sous-genres ou sections, ils ne parlent guère que de ceux sur lesquels ils ont une remarque à faire ou une observation nouvelle à publier. Cette abréviation est presque une nécessité, car le nombre des synonymes a augmenté énormément. Je possède un dictionnaire manuscrit dans lequel, depuis soixante-huit ans, mon père et moi avons introduit tous les noms de classes, familles, genres et sections, en un mot tous les noms généraux, supérieurs aux espèces. C'est un répertoire plus complet que les tables d'aucun ouvrage, et d'autant plus précieux, qu'il donne l'indication pour chaque nom de sa date de publication, de l'auteur qui l'a proposé, de la place qu'il lui donnait dans la classification et de celle qu'on lui a donnée dans le Prodromus, quand cet ouvrage en a parlé. Chaque fois qu'un livre, un opuscule ou un journal est entré dans notre bibliothèque, il a été analysé pour en tirer ces indications sur les noms nouveaux. Or, maintenant, notre dictionnaire renferme de 43 à 44,000 noms! Évidemment il serait absurde d'intercaler tous ces noms dans un *Genera*. Ce serait en doubler l'étendue, sans avantage réel. Il vaudrait mieux pour la science que notre manuscrit fût publié, tel quel, sous la forme des dictionnaires de langues. Chaque auteur le consulterait avant de proposer un nom nouveau, ce qui éviterait des doubles

emplois. On le consulterait aussi pour les questions de priorité. Bref, je ne doute pas que l'ouvrage ne fût très-utile (et je puis en parler par expérience), mais il ne peut pas être remplacé par un *Genera*. Son étendue justifie MM. Bentham et Hooker de la plupart des retranchements qu'ils se sont imposés dans la citation des synonymes.

Ils rectifient en passant beaucoup de citations mal faites, qui induisent en erreur. On ne saurait croire, par exemple, combien les opinions de De Candolle émises dans le *Systema* et le *Prodromus*, sont mal représentées par plusieurs botanistes subséquents. M. Schnizlein (Iconogr. famil. nat.) mentionne des *Gomphiaceæ* DC., *Andromedaceæ* DC., et autres noms qui n'existent pas dans les ouvrages de De Candolle, du moins sous cette forme et comme noms de familles. Ecklon et Zeyher (Enum. plant. Afr. austr., p. 8) attribuent à mon père des genres Carponema, Leptormus, Ormiscus, qu'il n'a pas faits, qu'il n'a pas voulu faire, car il avait proposé ces groupes comme sections du genre Heliophila (Syst. II, p. 679). MM. Bentham et Hooker, qui les considèrent de nouveau comme des sections, rétablissent la vérité en citant ces noms comme étant des noms de sections de DC et de genres d'Ecklon et Zeyher. Opérées sur toute l'étendue du règne végétal, de semblables rectifications ne sont pas sans importance.

MM. Bentham et Hooker ne reprennent pas tout *ab ovo*. Ils supposent les botanistes pourvus des ouvrages les plus importants qui ont précédé. Ils renvoient à quelques-uns de ces ouvrages et même à des monographies de familles. Ce qu'ils donnent est un résumé ou un complément des travaux antérieurs. La partie la plus nouvelle

de leur travail se découvre par l'usage qu'on en fait. Elle consiste dans une infinité de renseignements sur des genres mal connus ou mal décrits, dont les herbiers de Kew renferment des échantillons authentiques, ou sur lesquels nos auteurs ont pu avoir des informations qu'on ne pouvait pas trouver ailleurs. Ces détails sont extrêmement dispersés, mais chacun est mis à sa place et les tables y renvoient.

MM. Bentham et Hooker proposent peu de genres nouveaux. Ils en détruisent beaucoup d'anciens. On leur reproche cette dernière tendance, qui nous paraît cependant découler de l'état actuel des choses et de la quantité de publications légèrement faites depuis Linné et même depuis quelques années. Combien n'y a-t-il pas eu de genres proposés sur des caractères insignifiants, ou sur des caractères communs à toute une famille, ou sur quelques espèces un peu exceptionnelles, sans faire attention que si on sépare ces espèces, il faudrait faire non pas un, mais quatre, cinq, peut-être cinquante genres analogues! Dans les travaux de flores, de jardins, de descriptions des plantes de voyageurs, on ne voit pas certaines transitions ni certains ensembles. Les monographes sont obligés ensuite de faire des hécatombes de genres nouveaux comme d'espèces nouvelles. Sans doute, il y a de grands botanistes, doués de beaucoup de tact, qui devinent les genres à la vue d'une espèce, d'un caractère, d'un *habitus* particulier, mais ce sont des exceptions. La règle est qu'il faut avoir vu toutes les unités et les avoir bien étudiées pour pouvoir les grouper convenablement, et le mérite du *Genera* de MM. Bentham et Hooker est de s'appuyer sur une revue des espèces, non pas, il est vrai, aussi approfondie que celles des monographes, mais pourtant sur

une revue accompagnée d'analyses et de la comparaison de nombreux échantillons. Demandons-leur seulement que les réductions de genres soient toujours bien expliquées, bien motivées, afin de permettre à chacun les vérifications nécessaires.

A cet égard, MM. Bentham et Hooker se sont donnés de la peine. Cependant ils pourront encore améliorer leur rédaction et inspirer à l'avenir plus de confiance. Qu'ils ne craignent pas pour cela d'ajouter de temps en temps quelques mots. Citons un exemple. La division générique des Bégoniacées est à peu près celle que nous avons admise dans le *Prodromus*. Les cinquante et quelques groupes distingués par Klotzsch dans l'ancien genre Begonia et dont il avait fait des genres sont ramenés, avec le titre de sections, sous le nom commun de *Begonia*, comme nous l'avions fait nous-même ; mais MM. Bentham et Hooker vont un peu plus loin. Ils abandonnent le genre *Casparya*, de Klotzsch, que nous avions caractérisé principalement par une déhiscence de la capsule au moyen d'une fissure longitudinale des angles ou ailes. MM. Bentham et Hooker disent, en parlant de toute la famille : « capsulæ dehiscentiam in una eademque specie invenimus, nunc secus angulos loculorum ut in Casparya, « nunc secus faciem ut in Begonia. » S'ils avaient mentionné les espèces qui leur ont offert cette double déhiscence, nous aurions peut-être pu vérifier, et, sur la vue des faits, nous nous serions rangés à l'opinion de nos amis. Dans le doute, nous avons parcouru tout le genre *Begonia* de notre herbier, sans découvrir un seul exemple de déhiscence ailleurs que sur les côtés, à droite et à gauche des ailes, et il nous paraît même impossible d'avoir deux déhiscences plus différentes que celles des *Be-*

gonia et *Casparya*, puisque les ailes des *Begonia* n'ont aucune disposition à se dédoubler, tandis que dans les vrais *Casparya* l'aile ou angle de chaque loge se dédouble. Il y a, selon le *Genera*, des espèces de *Casparya* indéhiscentes, mais alors ou il convient d'en faire un genre, ou plutôt on peut les regarder comme formant une section, car entre un fruit déhiscent et un fruit indéhiscent, il y a quelquefois moins de diversité qu'entre une capsule loculicide et une capsule septicide, le défaut de déhiscence pouvant tenir à autre chose qu'à une diversité de nervation ou de position des loges. On voit, par cet exemple, que la citation de noms d'espèces dans le *Genera* est quelquefois désirable. Ce serait un peu plus long, mais pour inspirer plus de confiance il vaut la peine d'allonger. D'ailleurs, quand on fait le travail d'analyser tant d'espèces, il est regrettable de ne pas en faire profiter davantage le public.

La tendance de MM. Bentham et Hooker à réunir soit des espèces, soit des genres, soit des familles, cette tendance assez habituelle chez eux et qui paraît exagérée à quelques personnes, nous paraît découler presque forcément des découvertes successives qui s'opèrent. Plus les cadres se remplissent, plus les intermédiaires se multiplient. Des variétés autrefois négligées ou inconnues viennent unir les espèces; des espèces nouvelles font transition entre les genres, et des genres nouveaux entre les familles. On est obligé de multiplier les degrés de la classification et d'arrondir chacun d'eux. Pour bien comprendre cette marche et en même temps plusieurs des questions relatives à la méthode naturelle, une représentation toute graphique, assez simple, est bonne à employer.

Supposons un botaniste très-exact, très-bon observa-

teur, très-judicieux dans l'appréciation des rapports. S'il a consacré un temps suffisant à l'étude d'une famille, s'il en a vu toutes les formes depuis les minimes variations des espèces jusqu'aux genres, aux tribus et même jusqu'aux familles voisines, il devra se représenter les êtres qui composent cette région du règne végétal comme un vaste archipel. La distribution des formes sur une surface plane sera, j'en conviens, souvent insuffisante; il faudrait employer les trois dimensions, et encore le botaniste supposé aurait de la peine à rendre la complication extrême des faits par le moyen de ces procédés tout matériels. Cependant il y a des cas où les affinités peuvent être représentées au moyen d'une sorte de carte géographique, et, pour simplifier le raisonnement, nous supposerons un de ces cas. Notre savant et profond botaniste a donc groupé les variétés et les races en espèces, et il est parvenu à disposer sur une carte les espèces en raison de leurs degrés de ressemblance et de dissemblance. En les désignant par la première lettre de leurs noms, elles se trouvent placées ainsi :

nk					*brgm*	
l		*dzx*			*ifhye*	
c			*a*	*y*	*p*	*w*
					utv	
	o					
	cs					

Il y a évidemment six groupes : *nklc, ocs, dzx, a, b* jusqu'à *v* et *w*. Le plus nombreux en espèces est subdivisé naturellement en deux, car *y* et *w* sont plus ou moins distincts du reste.

La valeur des caractères communs aux espèces de chaque groupe décidera s'il faut faire avec ces groupes six genres distincts, ou six sections d'un grand genre, ou

peut-être encore trois genres, celui de gauche divisé en trois sections, *a* genre monotype, et un genre à la droite, divisé en deux sous-genres, dont *w* monotype, le reste du sous-genre en deux sections. Le jugement sain du botaniste supposé le dirigera dans l'appréciation des caractères. Il voudra être conséquent avec lui-même dans la même famille et dans le groupe de familles dont il s'agit. Il nommera genres des associations d'importance analogue à celle des genres admis par la moyenne des auteurs et des genres très-apparents consacrés par le langage de tous les peuples. S'il hésite pour faire d'un groupe un genre ou un sous-genre, il préférera ce dernier parti, qui dispense d'un nom générique nouveau, et soulage la mémoire, les grands genres étant après tout assez commodes. Mais quel que soit le parti auquel il s'arrête, il est clair que la découverte d'une espèce entre *c* et *o*, entre *x* et *a*, entre *u* et *y*, entre *w* et les espèces les plus voisines, changera complétement ses combinaisons. Une meilleure connaissance des espèces aurait le même effet si notre botaniste supposé n'était pas un véritable monographe, mais nous l'avons supposé tel. On voit que la marche de la science doit amener des fusions, et plutôt des fusions que des divisions. En abordant autrefois la flore de pays très-éloignés, on a découvert des espèces qui ont paru très-distinctes et qui, plus tard, ont été liées par d'autres de ces pays ou de pays voisins. Tirez au sort mille espèces de toutes les îles et de tous les continents. Étudiez-les à fond : elles vous paraîtront constituer peut-être 500 genres, dont plusieurs monotypes. Ajoutez vingt mille espèces de tous les pays, immédiatement plusieurs intermédiaires apparaîtront, la proportion des genres monotypes diminuera et celle des espèces par genres aug-

mentera. En fait, la science n'a pas progressé d'une autre manière.

La même construction graphique et les mêmes raisonnements peuvent s'appliquer à tous les degrés de la classification naturelle. Ainsi une espèce étudiée à fond, dans toute l'étendue de son habitation et toutes ses formes, comparée ensuite aux espèces voisines, peut donner lieu également à des figures où les lettres représenteraient des variétés. La question serait alors de savoir si les groupes de lettres voisines méritent d'être appelés des sous-espèces (races) ou des espèces, avec la chance qu'une forme nouvelle étant découverte (ou une des anciennes venant à disparaître du monde actuel, ce qui est aussi possible), on eut à modifier ses idées. Des lettres disposées d'une certaine manière représenteraient également des genres et des groupes de genres formant des tribus ou des familles. De même pour des lettres qui représenteraient des familles. Seulement la probabilité que les combinaisons soient dérangées par la découverte de nouvelles unités diminue à mesure qu'il s'agit de groupes plus élevés. Il est impossible de croire à la découverte d'une classe supérieure dans le règne végétal. On ne découvre, pour ainsi dire, plus de familles. Dans cette catégorie, il ne peut guère y avoir de changements que par une meilleure appréciation de la distance qui sépare les tribus appartenant à des familles anciennement admises. J'ai montré ailleurs [1], par des chiffres, que la constitution définitive de genres nouveaux vraiment admissibles devient de plus en plus rare, et qu'à la fin du siècle elle aura

[1] Lois de la nomenclature botanique; in-8°. Ed. 1 et 2, 1867, dans l'introduction.

probablement cessé, tandis que, longtemps encore, on agitera la question des espèces, races et variétés.

D'après ces faits, basés sur l'histoire de la science comme sur les principes mêmes de la méthode, il est de plus en plus hasardeux de proposer un genre nouveau. La probabilité qu'un tel genre est mauvais augmente, je ne dirai pas absolument chaque année, mais certainement à chaque période décennale. A moins d'une forme complétement originale, trouvée dans une région lointaine et peu explorée, ou d'un travail complet sur une famille, il est bien téméraire aujourd'hui de proposer un nouveau genre. En revanche, comme il y a des botanistes très-téméraires et qu'il y en aura toujours, c'est aux monographes et aux auteurs de *Genera* de revoir leurs prétendues découvertes. Ainsi, la tombe vient de se fermer sur un botaniste russe, assurément estimable et zélé, qui connaissait très-bien les plantes de son pays, mais qui avait le tort de faire un genre chaque fois qu'il ne pouvait pas déterminer nettement une plante de l'Amérique méridionale ou des Philippines. Beaucoup de ces genres de M. Turczaninow sont basés sur une seule espèce, dans des groupes dont il ne voyait pas l'ensemble. On les détruit presque toujours au premier examen régulier, et il est heureux, dans des cas semblables, que MM. Bentham et Hooker se soient mis à faire un *Genera*. Les monographies isolées sont rares; celles du Prodromus marchent lentement et ne reviennent pas en arrière. C'est à nos deux botanistes, qui passent en revue toutes les familles, de procéder plus complétement et plus rapidement. Les ouvrages spéciaux explorent à fond un petit espace du champ de la science; les *Genera* en parcourent l'ensemble, et nettoient en quelque sorte toute l'étendue du terrain. Le

service qu'ils rendent est d'autant plus réel qu'il ne se fait pas attendre. Après un volume du Prodromus ou une monographie de famille, les genres proposés légèrement pourraient rester dix ans, vingt ans dans les livres, s'il ne se faisait pas quelque révision rapide sur un autre plan. Voilà un avantage du *Genera* de MM. Bentham et Hooker, et il faut savoir en tenir compte, même quand on n'est pas de leur avis sur la réunion de certains genres anciens regardés jusqu'à présent comme valides.

Au sujet de cette fusion de genres anciens, nous sommes très-peu disposés à citer des exemples et à les apprécier. Ce serait d'un ennui parfait pour le lecteur et en même temps contraire à nos principes. Si nous avons critiqué la suppression d'un genre de Bégoniacée, c'est que nous avons étudié spécialement cette famille. Que d'autres, dans des conditions pareilles, mais seulement alors, examinent et discutent! Beaucoup de botanistes feront probablement comme nous. Ils jugeront à propos de consulter l'ouvrage, de profiter des nombreux renseignements qui s'y trouvent, et ils suspendront leur opinion sur beaucoup de points. Le nouveau *Genera* avancera. Il aura ses défectuosités comme tous les ouvrages, mais, en définitive, il a déjà éclairci beaucoup de choses et il continuera de rendre des services positifs à tous ceux qui travaillent dans le champ de la botanique descriptive.

RECHERCHES
SUR
LA DENSITÉ DE L'OZONE[1]
PAR
M. J.-L. SORET

L'intérêt que présente l'étude de l'ozone réside en grande partie dans le fait, maintenant généralement admis, que ce corps est un état allotropique de l'oxygène ordinaire. C'est là le seul exemple bien positif d'une substance *simple* pouvant exister *à l'état gazeux* sous deux formes différentes.

Il est vrai que le chlore, les vapeurs de soufre et de sélénium ont été signalés comme présentant des cas d'allotropie.

Mais pour le chlore, les recherches de MM. Bunsen et Roscoe[2] ont montré que l'action de la lumière n'amène réellement pas ce gaz à un état allotropique, comme on l'avait avancé.

Quant au soufre, la question n'est pas résolue. On sait que sa densité de vapeur, à une température voisine du point d'ébullition, est trois fois plus grande qu'à une température de 860 degrés[3]. La vapeur de sélénium pré-

[1] Un extrait de ce travail a été publié dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. LXI, p. 941, et t. LXIV, p. 904.

[2] *Annales de Poggendorff*, 1857, t. C, p. 508. — *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 1858, t. I, p. 151.

[3] H. Sainte-Claire-Deville et Troost, *Annales de Chimie*, 1860, t. LVIII, p. 257.

sente des variations analogues. Les chimistes ne sont pas d'accord sur l'interprétation de ce fait. Les uns l'expliquent par l'allotropie, et supposent que les atomes de soufre, par exemple, peuvent se grouper de deux manières différentes : à une température voisine du point d'ébullition, la vapeur de soufre serait entièrement à l'un de ces états caractérisé par une densité de 6,6 ; à 860°, elle serait entièrement à l'autre état caractérisé par une densité de 2,2 ; aux températures intermédiaires il y aurait mélange des deux corps allotropiques, la proportion de chacun d'eux variant avec la température. Mais, comme l'a fait remarquer M. H. Deville[1], on peut admettre simplement que le coefficient de dilatation de la vapeur de soufre varie assez avec la température pour que la densité passe de 6,6 à 2,2.

Ce qui autorise cette dernière explication, c'est le fait que la densité de la vapeur de soufre ne dépend que de sa température actuelle : à une température déterminée la densité demeure toujours la même. Pour l'oxygène, il n'en est pas ainsi : à la même température ce corps peut exister sous deux états de condensation différents ; on ne saurait donc expliquer la différence de densité par une variation du coefficient de dilatation, et l'on est forcé d'admettre que l'ozone et l'oxygène, d'ailleurs si distincts par leurs propriétés chimiques, sont deux états allotropiques gazeux d'un même élément[2].

[1] Sur les densités de vapeur, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1866, t. LXII, p. 1157.

[2] On n'ignore pas que M. Schœnbein admet aussi l'antozone comme un troisième état allotropique de l'oxygène. Mes recherches n'ont pas porté sur ce point, ou plutôt quelques essais que j'ai tentés sont restés infructueux.

A ce titre, l'étude de l'ozone présente un grand intérêt théorique, et c'est ce qui m'a engagé à chercher à déterminer la densité de ce corps.

On peut résumer de la manière suivante ce qu'avant les présentes recherches, l'on savait sur les relations volumétriques de l'ozone[1] :

1° L'oxygène ordinaire diminue de volume lorsqu'on l'ozonise, c'est-à-dire lorsqu'on en convertit une partie en ozone, par exemple en l'électrisant.

2° Lorsqu'on traite de l'oxygène chargé d'ozone par l'iodure de potassium et d'autres corps oxydables, l'ozone disparaît sans que l'on observe de changements dans le volume du gaz.

3° Sous l'action de la chaleur, l'oxygène chargé d'ozone subit une expansion égale au volume qu'occuperait la quantité d'oxygène que le gaz aurait été susceptible d'abandonner à l'iodure de potassium.

Ces faits conduisent à supposer que l'ozone et l'oxygène diffèrent par le nombre d'atomes qui sont groupés pour former les molécules. L'une des hypothèses les plus simples, à cet égard, est celle que j'ai indiquée précédemment[2] et dans laquelle on considère la molécule d'oxygène ordinaire comme formée de deux atomes, OO, et la molécule d'ozone comme formée de trois atomes OO,O. Alors l'ozone contiendrait son volume d'oxygène ordinaire ; traité par l'iodure de potassium, il perdrait un atome O, sans changement de volume ; décomposé par la chaleur, il subirait une expansion de la moitié de son volume. La

[1] Voyez ma Note sur les Relations volumétriques de l'Ozone, *Archives*, 1863, t. XVIII, p. 65.

[2] *Ibidem.*

densité théorique devrait être, dans ce cas, $1\,^1/_2$ fois celle de l'oxygène, soit 1,658.

Mais les faits connus jusqu'ici sont également compatibles avec d'autres hypothèses, dans lesquelles on admettrait des modes de groupements moléculaires différents de celui qui vient d'être indiqué. Ce n'est que la détermination expérimentale de la densité de l'ozone qui peut conduire à une solution de la question.

On ne peut obtenir cette densité par des pesées directes, puisque jusqu'ici on n'est pas parvenu à préparer l'ozone à l'état de pureté. Il faut donc recourir à d'autres procédés. Je vais exposer successivement les deux méthodes que j'ai employées et qui, comme on le verra, m'ont donné des résultats concordants.

I. *Méthode d'absorption.*

La plupart des corps oxydables, tels que l'iodure de potassium, l'acide arsénieux, l'iode, etc., ne peuvent donner aucune indication sur la valeur de la densité de l'ozone, puisque, lorsqu'on les fait agir sur un mélange d'oxygène et d'ozone, ils détruisent ce dernier corps sans changement de volume du gaz.

Mais si l'on trouvait un corps qui absorbât réellement l'ozone sans le décomposer et sans absorber en même temps l'oxygène, on pourrait comparer la diminution de volume que subirait une portion du gaz traitée par ce corps, avec la quantité d'oxygène qu'une autre portion du gaz abandonnerait à l'iodure de potassium, ou avec l'augmentation de volume produite par la chaleur. On obtiendrait ainsi les données nécessaires au calcul de la densité.

M. Osann a signalé un corps jouissant de la propriété

de faire disparaître l'ozone avec diminution de volume : c'est une dissolution de litharge dans la potasse caustique. J'ai fait quelques déterminations avec ce réactif; j'ai obtenu, en effet, une petite diminution de volume : mais les résultats de ces expériences ne sont pas concordants. Je pense que ce corps, mal défini, exerce sur l'ozone une réaction complexe : qu'il en absorbe réellement une partie sans le décomposer, mais qu'en même temps la potasse en excès, qui sert de dissolvant, détruit une certaine proportion d'ozone. Or, la potasse agit sur l'ozone à peu près comme la chaleur, en produisant une augmentation de volume[1].

J'ai trouvé deux autres corps qui se prêtent beaucoup mieux à ces déterminations : ce sont l'essence de térébenthine et l'essence de cannelle.

Lorsqu'on traite l'oxygène ozoné par l'essence de térébenthine l'ozone disparaît: il se forme en même temps des fumées tellement épaisses que, dans un ballon d'un quart de litre, elles interceptent complétement la lumière solaire directe. Si on laisse le ballon immobile, ce nuage ne tarde pas à s'abaisser successivement; la partie supérieure du ballon s'éclaircit d'abord, et, à la limite de la couche de fumée, on observe par transparence de belles couleurs irisées. — L'essence de cannelle produit aussi des fumées, mais elles sont très-peu abondantes.

Si l'on mesure le volume du gaz avant et après l'action de l'une ou l'autre de ces essences, on trouve qu'il a diminué notablement. Il est donc naturel de supposer que l'ozone a été entièrement absorbé.

[1] Voyez ma Note sur les Relations volumétriques de l'Ozone. *Loc. cit.*

Dans une première série d'expériences, que je rapporte très-brièvement, j'ai comparé cette diminution de volume, que je mesurais dans un ballon de 250 centimètres cubes rempli d'oxygène ozoné préparé par l'électrolyse, avec la quantité d'oxygène abandonnée à l'iodure de potassium par un autre ballon de 250 centimètres cubes rempli du même gaz [1].

Cette méthode présente quelques inconvénients. L'analyse par l'iodure de potassium donne le poids de l'oxygène absorbé ; il faut donc calculer le volume qu'occuperait ce poids dans les conditions de température et de pression où se trouve le gaz mesuré dans l'autre ballon. Or ce calcul présente quelque incertitude, parce que le gaz contient un mélange de vapeur d'eau et d'essence. En outre, l'appareil ne permettait pas de mesurer la diminution de volume sans changement de pression ; de là une nouvelle correction un peu incertaine.

Quoi qu'il en soit, on a trouvé par cette méthode que la diminution de volume due à l'absorption par l'essence est à peu près le double du volume qu'occuperait l'oxygène absorbé par l'iodure de potassium, ce qui s'accorde avec l'hypothèse d'une densité de l'ozone égale à 1 $^1/_2$ fois celle de l'oxygène.

Le tableau suivant donne le résultat des expériences : la première colonne indique l'essence qui a été employée comme absorbant ; la deuxième, la diminution de volume produite par l'action de cette essence ; la troisième, la moitié de cette diminution (ou le volume d'oxygène absorbable par l'iodure de potassium calculé dans l'hypothèse

[1] Les procédés de mesure du gaz et de son analyse sont les mêmes que ceux que j'avais précédemment employés. *Loc. cit.*, p. 605.

qu'il s'agit de contrôler); la quatrième, le volume d'oxygène absorbé donné par l'analyse: la cinquième, la différence.

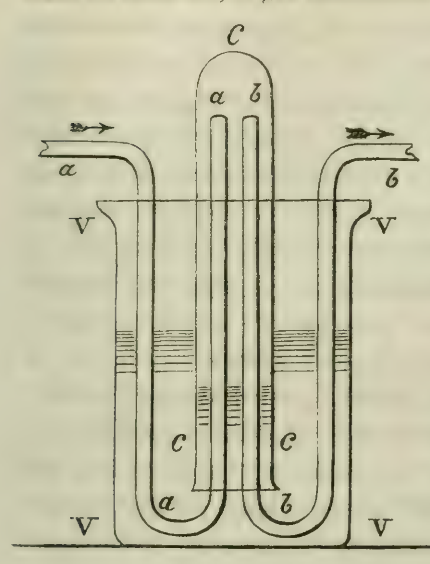
Corps absorbant.	Diminution de volume par l'essence.	VOLUME DE L'OXYGÈNE ABSORBABLE PAR L'IODURE.		
		Calculé.	Trouvé.	Différence.
	cc	cc	cc	cc
Essence de térébenthine.	9,4	4,7	3,87	—0,83
» »	8,0	4,0	3,42	—0,58
» »	7,6	3,8	2.89	—0,91
» »	6,8	3,4	3,06	—0,34
Essence de cannelle.....	7,4	3,7	3,10	—0,60

L'écart entre les résultats calculés et observés est assez considérable; je crois, toutefois, que l'on doit l'attribuer aux nombreuses défectuosités que présente cette méthode d'expérimentation.

Dans une seconde série d'expériences, que je vais décrire avec plus de détails, je crois avoir évité la plus grande partie des causes d'erreur qui viennent d'être signalées. Les différences principales entre ce nouveau procédé et le premier, consistent : 1° à déterminer la proportion d'ozone contenu dans le mélange, non plus par une analyse à l'iodure de potassium, mais par l'augmentation de volume que l'on obtient en détruisant par la chaleur l'ozone renfermé dans l'un des ballons; 2° à employer des ballons à long col gradué qui permettent de mesurer les variations de volume sans changement de pression.

La préparation de l'oxygène chargé d'ozone se faisait

soit par l'électrolyse [1], soit par l'appareil de Siemens [2]. Dans les deux cas, le gaz était amené par un tube de verre convenablement recourbé *a a a* (figure ci-contre, demi-grandeur naturelle), dans ce que j'appellerai la cloche de distribution. Cette cloche CCC formée d'un tube de verre de 20^{mm} de diamètre environ, fermé à un bout, est renversée sur de l'acide sulfurique concentré placé dans un vase à précipité VVVV.



Pour la sortie du gaz de la cloche C, on dispose un second tube de verre *bbb*, qui, comme le tube *a*, aboutit au haut de la cloche. Le gaz peut ainsi passer, sans perte de pression, du tube *a* au tube *b*. On voit que le rôle de la cloche de distribution est celui d'une pièce de raccord entre les tubes *a* et *b*, pièce dans la construction de laquelle il n'entre ni métaux, ni mastic, ni caoutchouc, mais seulement du verre et de l'acide sulfurique, qui sont sans

[1] Voyez ma Note sur la Production de l'Ozone par l'Électrolyse, *Archives*, 1863, t. XVI, p. 208.

[2] L'oxygène préparé par le chlorate de potasse et le peroxyde de manganèse, se purifiait en passant dans des tubes à potasse caustique et se desséchait sur de l'acide sulfurique avant d'arriver à l'appareil de Siemens, où il était soumis à l'action d'un grand appareil de Ruhmkorff.

action sur l'ozone. Si de la cloche de distribution on désire faire passer le gaz, simultanément ou successivement, dans deux appareils différents, il faut amener au haut de la cloche C un troisième tube semblable au tube *b* : le gaz amené par le tube *a* pourra alors s'échapper par ces tubes de sortie. Dans ce cas, la cloche de distribution joue le rôle d'une pièce de raccord en forme de T. C'est cette dernière disposition que l'on a employée dans les expériences dont nous rendons compte actuellement.

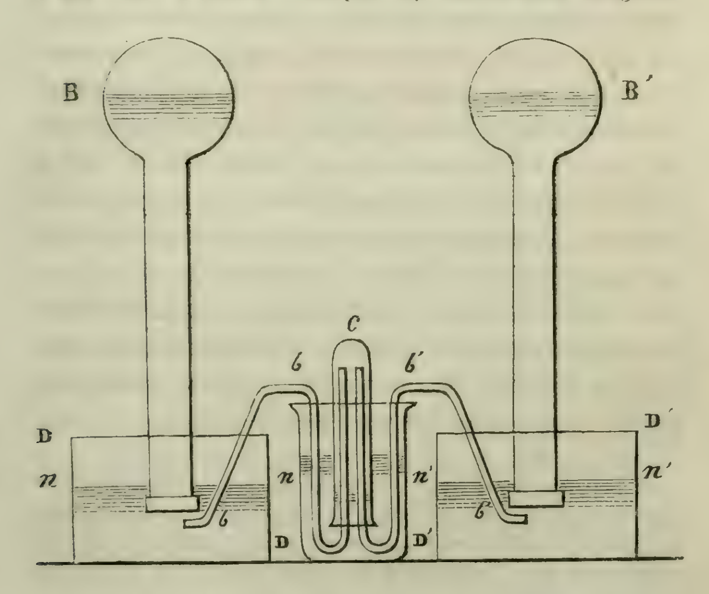
On devait, comme nous l'avons vu plus haut, remplir avec de l'oxygène ozoné provenant de la même préparation deux ballons gradués pour mesurer, dans l'un la diminution de volume produite par l'action de l'essence, et dans l'autre l'augmentation de volume produite par l'action de la chaleur. On a choisi des ballons à long col d'une capacité de 230cc environ. Leur col était gradué en demi-centimètres cubes : ils étaient munis de bouchons en verre rodé.

Si l'on avait fait arriver les deux tubes abducteurs partant de la cloche de distribution dans la même cuve à eau, il aurait été très-difficile de les disposer de manière que chacun d'eux débitât une même quantité de gaz. Par conséquent, en plaçant au-dessus de l'orifice de chacun d'eux l'un des ballons plein d'eau et renversé, le gaz ne se serait pas partagé également entre eux, et il aurait fallu faire durer le dégagement d'un côté plus que de l'autre pour arriver à remplir les deux ballons. Or, comme la proportion d'ozone dont est chargé l'oxygène est loin d'être constante pendant toute la durée de la préparation, il eût été à craindre que les deux ballons ne continssent des quantités d'ozone différentes.

Mais on parvient facilement, comme on va le voir, à

diviser le gaz en deux parties égales au fur et à mesure de sa production, en employant deux cuves à eau de même dimension et en plaçant l'un des ballons sur chacune d'elles.

Le gaz est donc amené dans la cloche de distribution C (figure ci-dessous, $^1/_3$ environ de grandeur naturelle), qui est munie des deux tubes de sortie *bb* et *b'b'*, convenablement recourbés et venant plonger, l'un dans la cuve à eau DD, l'autre dans la cuve D'D'. Le tube d'introduction du gaz dans la cloche n'est pas représenté dans la figure.



Les cuves sont formées de simples vases cylindriques en verre, contenant de l'eau distillée jusqu'au niveau *nn*, *n'n'*. On dispose d'abord les tubes *b* et *b'* de manière que le gaz ait à surmonter sensiblement la même pression pour se dégager par chacun d'eux, c'est-à-dire que l'orifice des deux tubes doit se trouver à la même profondeur au-

dessous du niveau de l'eau. — Cela étant, après avoir laissé dégager, sans la recueillir, une certaine quantité de gaz pour chasser l'air de l'appareil, on en arrête pour un moment la production, on remplit d'eau distillée les deux ballons B et B', on les renverse sur les vases D et D' et on les place, soutenus par des supports, au-dessus de l'orifice des tubes *b* et *b'* de manière à recueillir le gaz dont on fait recommencer le dégagement.

Il est facile de comprendre que si les deux vases D et D' ont exactement les mêmes dimensions, le gaz se partagera également entre les deux ballons. En effet, supposons qu'à l'origine la pression que le gaz a à surmonter ne soit pas rigoureusement la même pour les deux tubes abducteurs, les premières bulles gazeuses se dégageront par l'un des tubes seulement, par exemple par le tube *b* et pénétreront dans le ballon B; mais l'eau déplacée fera monter rapidement le niveau dans la cuve D, jusqu'à ce que la pression qui s'oppose à la sortie du tube *b* soit égale à celle du tube *b'*. A partir de ce moment le gaz se partagera également entre les deux ballons, parce que le niveau de l'eau s'élèvera également dans les deux vases D et D' si, du moins, leurs sections sont égales[1].

[1] Il n'est pas très-facile de trouver des vases ayant rigoureusement la même section ; mais on peut aisément y remédier : si les sections sont approximativement les mêmes, on achèvera de les égaliser en plaçant verticalement dans le plus grand des deux vases une tige de verre de grosseur convenable.

Si l'on trouve que la pression que le gaz doit surmonter devient trop considérable par suite de l'élévation du niveau de l'eau dans les deux cuves, on enlève avec une pipette graduée des quantités égales d'eau de chacune d'elles.

Dans certains cas, on peut avoir à diviser le gaz autrement que par moitié ; par exemple, on peut avoir à remplir deux ballons, dont l'un ait une capacité double de l'autre : on arrivera à effectuer le

On arrête le dégagement lorsque les ballons sont remplis jusqu'à la moitié du col environ. On les bouche alors et on les transporte tous deux sur une autre cuve à eau formée d'un grand vase cylindrique, en cristal bien transparent, et dont la profondeur doit être notablement plus grande que la longueur du col des ballons.

On débouche les ballons et on les fixe à des supports, de manière que le niveau auquel affleure le gaz dans le col gradué des ballons, soit un peu au-dessous du niveau de l'eau dans la cuve; on place un thermomètre sensible entre les deux ballons, on s'assure qu'ils ne sont pas mouillés extérieurement, et, au besoin, on les sèche avec du papier à filtrer. Puis on place une vitre devant les ballons, de manière à pouvoir observer les points d'affleurement du gaz et le thermomètre, sans que la proximité de l'observateur influe sur la température. On laisse les ballons en place jusqu'à ce que le volume du gaz soit parfaitement stationnaire, en ayant soin de mantenir constante la température de la salle où l'on opère[1]. On rectifie alors la position des ballons, et, en élevant plus ou moins les supports, on les place de manière que le point où le gaz affleure dans le col de chaque ballon, soit à 1

partage dans cette proportion, en prenant pour cuves à eau des vases dont les sections soient dans le rapport de 2 à 1, et en plaçant le grand ballon sur le grand vase, et le petit ballon sur le petit vase.

J'ignore si ce procédé de division d'un courant de gaz en diverses proportions a été employé par d'autres que moi; je l'ai décrit avec quelque détail parce que je l'ai trouvé très-commode et qu'il peut servir dans plusieurs cas.

[1] Ces expériences ont été faites en hiver dans une grande salle chauffée par un calorifère à air chaud, et facile à aérer soit par les fenêtres, soit par des canaux de ventilation; en ouvrant convenablement les registres du calorifère et de ces canaux, on pouvait facilement maintenir constante la température de la salle.

ou 2 millimètres au-dessous du niveau de l'eau dans la cuve, c'est-à-dire que le gaz soit sensiblement à la pression de l'atmosphère. Cela fait, on mesure les volumes occupés par le gaz, et l'on note la hauteur du baromètre.

Après avoir ainsi déterminé le volume initial des quantités de gaz sur lesquelles on opère, il s'agit de traiter l'un des ballons par la chaleur, et l'autre par l'essence.

La décomposition de l'ozone par la chaleur se fait en introduisant dans le ballon que nous appellerons le premier une spirale de platine que l'on fait rougir par un courant électrique[1].

Le traitement à l'essence se fait en remplissant de ce liquide un petit tube de verre fermé à un bout; on bouche ce tube avec le doigt et on l'introduit, sous l'eau, dans le col du second ballon. Si l'on opère avec l'essence de térébenthine qui est plus légère que l'eau, en renversant le petit tube, l'essence s'élève dans le col du ballon. Si l'on emploie l'essence de cannelle, qui est plus lourde que l'eau, il faut introduire le tube qui la contient dans le col du ballon et l'y laisser. Dans les deux cas, on bouche le ballon, on l'enlève du support et on l'agite fortement, de manière que l'absorption de l'ozone soit complète.

On replace ensuite les deux ballons dans leur position primitive sur la cuve à eau, et on les laisse bien reprendre la température ambiante qui doit être rigoureusement la

[1] J'ai suivi pour cette opération le procédé que j'ai décrit dans ma Note sur les Relations volumétriques de l'Ozone, *loc. cit.*, p. 74. Seulement, dans ce cas-ci, comme le col du ballon était plus long, les tubes de verre soutenant la spirale devaient aussi être plus longs, et il n'était pas nécessaire d'adapter une allonge. Après avoir enlevé la spirale, on bouchait le ballon et on l'agitait avec l'eau contenue dans son col pour humecter les parois et remettre le gaz dans les mêmes conditions que lors de la mesure du volume initial.

même que lors de la mesure du volume initial. Il faut au moins un quart d'heure d'attente avant que l'équilibre soit établi, car le ballon où l'on détruit l'ozone par la spirale rougie s'échauffe passablement pendant cette opération. On effectue ensuite la mesure des volumes exactement de la même manière que la première fois.

L'augmentation de volume du gaz par la chaleur est donnée directement par la différence des deux mesures pour le premier ballon (corrigée, s'il y a lieu pour la variation du baromètre). Quant au volume absorbé par l'essence donné par la différence des deux mesures dans le second ballon, il faut lui faire subir une correction pour l'effet que l'essence peut exercer par capillarité ou par tension de vapeur sur le volume apparent du gaz.

Pour trouver la valeur de cette correction, on répète sur le premier ballon, qui ne contient plus que de l'oxygène, l'opération que l'on a fait subir au second ballon, c'est-à-dire qu'on y introduit de l'essence avec laquelle on agite le gaz. On observe finalement la petite variation de volume que ce traitement fait subir au gaz; cette variation donne évidemment la correction cherchée, qui est toujours très-petite.

Les résultats que j'ai obtenus par cette méthode sont consignés dans le tableau ci-dessous, qui est disposé comme celui de la page 312.

Corps absorbant.	Diminution de volume par l'essence.	AUGMENTATION DE VOLUME PAR LA CHALEUR.		
		Calculée	Observée.	Différence.
Ozone préparé par l'électrolyse.				
	cc	cc	cc	cc
Essence de térébenthine	6,8	3,40	3,77	+0,37
» »	5,7	2,85	3,20	+0,35
» cannelle....	5,8	2,90	3,14	+0,24
» térébenthine	6,0	3,00	3,32	+0,32
» »	6,7	3,35	3,30	−0,05
» cannelle....	6,9	3,45	3,45	0,00
» »	5,7	2,85	2,72	−0,13
Ozone préparé par l'appareil Siemens.				
	cc	cc	cc	cc
Essence de cannelle ...	3,3	1,65	1,85	+0,20
» »	7,65	3,575	3,30	−0,275
» »	6,1	3,05	2,90	−0,150

On voit que l'augmentation de volume observée lors de la destruction de l'ozone par la chaleur s'écarte toujours très-peu de la moitié de la diminution de volume due à l'absorption par l'essence : les différences ne dépassent pas les limites des erreurs d'observation.

La densité de l'ozone, d'après ces expériences, est donc une fois et demie celle de l'oxygène.

Toutefois ce chiffre pourrait laisser quelque doute, parce qu'il est déduit de variations de volume assez petites, mesurées sur l'eau, et qu'en outre la réaction qui se passe au contact de l'ozone et des essences n'est pas bien connue[1]. Il m'a donc paru nécessaire de contrôler

[1] Lorsqu'on fait dégager de l'oxygène chargé d'ozone dans une cuve à eau recouverte d'une couche d'essence de térébenthine, il se forme des pellicules blanches à la surface. Si l'on fait passer pendant longtemps un courant d'oxygène ozoné au travers d'une petite quantité de cette essence, contenue dans une ampoule de verre, le liquide s'é-

cette détermination par une méthode complétement différente, comme on va le voir.

II. *Méthode de diffusion.*

La vitesse de *diffusion* des gaz dépend de leur densité. Les travaux de M. Graham[1] et de M. Bunsen[2] ont fait connaître les lois de ce phénomène étudié dans diverses conditions. Si donc l'on arrive à comparer la diffusion de l'ozone avec celles d'autres gaz de densité connue, on pourra déduire la densité de l'ozone de cette comparaison.

J'ai commencé par essayer d'appliquer à de l'oxygène chargé d'ozone, le procédé auquel M. Graham a donné le nom d'*atmolyse* dans son Mémoire sur la Mobilité moléculaire des Gaz[3]. Ce procédé consiste, comme on sait, à faire passer un mélange de deux gaz d'inégales densités au travers d'un tube poreux étroit, tel qu'un long tuyau de pipe hollandaise, placé dans l'axe d'un large tube de verre, en faisant le vide dans l'espace annulaire compris entre le tube de verre et le tuyau de pipe. Dans ces conditions celui des deux gaz qui a la moindre densité se diffuse au travers des parois du tube poreux plus rapidement que le gaz de plus grande densité, et la proportion du gaz le plus dense se trouve augmentée dans le mélange des deux gaz par son passage au travers du tube atmolyseur.

paissit. En chauffant ensuite cette essence épaissie, il s'en dégage, non pas de l'ozone, mais un gaz combustible qui m'a paru être de l'oxyde de carbone.

[1] Voyez divers volumes des *Philosophical Transactions* et du *Philosophical Magazine*.

[2] *Gazometrische Methoden*, p. 209.

[3] *Philosophical Magazine*, décembre 1863. — *Archives*, 1864, t. XIX, p. 288.

J'avais espéré parvenir par ce procédé à concentrer l'ozone, et à obtenir quelque indication sur sa densité d'après la rapidité de cette concentration comparée à celle d'autres gaz. Malheureusement le simple passage de l'ozone au travers d'un tube poreux en détruit une proportion considérable, effet qui compense celui de l'atmolyse.

Dans l'appareil que j'ai employé, en faisant passer l'oxygène chargé d'ozone dans le tube atmolyseur, d'abord sans faire le vide, puis en faisant le vide autour du tube poreux, en disposant l'expérience de manière que dans les deux cas le gaz restât pendant le même temps en contact avec le tube poreux, on obtient un gaz plus riche en ozone dans le second cas que dans le premier. C'est là une confirmation du fait déjà connu que la densité de l'ozone est plus grande que celle de l'oxygène. Mais la richesse du gaz en ozone n'est pas plus grande que celle du gaz recueilli directement sans qu'il ait passé par le tube atmolyseur.

Ce résultat m'a fait renoncer à l'emploi de diaphragmes poreux et m'a porté à étudier plutôt la diffusion libre de l'ozone en la comparant à celle d'autres gaz de densité connue.

Les recherches de M. Graham[1] conduisent à admettre que, lorsque la diffusion s'opère par une ouverture libre sans interposition d'un diaphragme poreux, la vitesse de diffusion est exactement en raison inverse de la racine carrée de la densité des gaz sur lesquels on opère.

Supposons que l'on ait deux vases superposés, de capacité égale, séparés par une paroi percée d'un simple trou qu'on puisse ouvrir ou fermer à volonté ; supposons

[1] *Ibidem.*

qu'à l'origine le vase supérieur soit rempli d'oxygène pur et que le vase inférieur contienne un mélange d'oxygène et d'un autre gaz plus dense, que nous appellerons A. Il est clair que si la communication est établie entre les deux vases, le gaz A se diffusera au travers de l'ouverture, et qu'au bout d'un certain temps il s'en sera introduit dans le vase supérieur une quantité que l'on pourra mesurer. On peut prévoir (et l'on verra que cette prévision a été confirmée par l'expérience) que le rapport de la quantité v du gaz A qui aura pénétré dans le vase supérieur, à la quantité V du gaz A, mélangée à l'origine avec l'oxygène dans le vase inférieur sera toujours le même quel que soit V, pourvu que la durée t de la diffusion reste la même et que l'appareil n'ait pas été modifié[1].

[1] En effet, soit V la quantité du gaz A introduite avec l'oxygène dans le vase inférieur, soit v la quantité de ce gaz A qui est parvenue dans le vase supérieur au bout du temps t ; soit d la densité de ce gaz A ; soit a un coefficient constant, dont la valeur dépend de la forme de l'appareil et particulièrement de la dimension de l'ouverture qui réunit les deux vases : on peut admettre que la quantité Δv du gaz A qui passe du vase inférieur dans le vase supérieur dans un instant très-court Δt est directement proportionnelle à a, inversément proportionnelle à $\sqrt{d}$, et directement proportionnelle à la différence des quantités du gaz A contenues dans le vase inférieur et dans le vase supérieur au commencement de cet instant. Or, à cet instant, la quantité du gaz A qui reste dans le vase inférieur sera $V-v$, et la différence de cette dernière quantité et de v sera $V-2v$. On aura donc :

$$\Delta v = \frac{a}{\sqrt{d}} (V-2v)\,\Delta t. \qquad (1)$$

Au commencement de l'expérience, $v=o$; par conséquent, la quantité du gaz A qui passe dans le premier instant Δt, et que nous désignerons par v_1 sera :

$$v_1 = \frac{a}{\sqrt{d}} V\,\Delta t. \qquad (2)$$

A la fin du second instant, la quantité du gaz A qui aura pénétré

Maintenant, après avoir déterminé par l'expérience la valeur de ce rapport pour le gaz A, opérons sur un autre gaz que nous appellerons B. Soit v' la quantité du gaz B qui a pénétré dans le vase supérieur au bout du même temps t, et V la quantité initiale du gaz mélangé à l'oxygène dans le vase inférieur : le rapport $\frac{v'}{V}$ sera aussi constant quel que soit V ; il sera plus grand que le rapport $\frac{v}{V}$ si la

dans le vase supérieur, et que nous désignerons par v_2, sera, comme il est facile de le voir :

$$v_2 = v_1 + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right).$$

Au bout du troisième instant, la quantité v_3 du gaz A contenue dans le vase supérieur sera :

$$v_3 = v_1 + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right) + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^2;$$

et au bout du n^{me} instant :

$$v_n = v_1 + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right) + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^2 + \ldots + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^{n-1}. \quad (3)$$

En faisant la somme des termes de cette progression géométrique, on aura :

$$v_n = \frac{v_1\left[\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^n - 1\right]}{\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right) - 1} = \frac{V}{2}\left[1 - \left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^n\right].$$

Remplaçons v_1 par sa valeur donnée dans la formule (1), on aura

$$v_n = \frac{V}{2}\left[1 - \left(1 - \frac{a}{\sqrt{d}}\,\Delta t\right)^n\right]. \quad (4)$$

Cette quantité v_n du gaz A qui a pénétré dans le vase supérieur au bout d'un certain temps $t = n\,\Delta t$, est donc proportionnelle à V ; donc $\frac{v}{V}$ est bien constant, quelle que soit la valeur de V, et ne dépend que de la durée de l'expérience, du coefficient a et de la densité du gaz A.

densité d' du gaz B est plus faible que la densité d du gaz A, et *vice versâ*.

Si l'expérience durait un temps très-court le rapport de ces rapports, soit $\dfrac{\left(\dfrac{v}{V}\right)}{\left(\dfrac{v'}{V}\right)}$ serait exactement inverse du rapport des racines carrées des densités des gaz A et B[1].

En pratique, il faut laisser la diffusion s'opérer pendant un temps notable, afin que la quantité du gaz diffusée soit assez considérable pour être susceptible d'une mesure précise. Mais si ce temps n'est pas trop long, le rapport $\dfrac{\left(\dfrac{v}{V}\right)}{\left(\dfrac{v'}{V}\right)}$ trouvé ne s'écartera pas beaucoup du rapport $\dfrac{\sqrt{d'}}{\sqrt{d}}$; il sera seulement un peu plus voisin de l'unité[2].

[1] En effet, en conservant les mêmes désignations que précédemment, on aurait d'après l'équation (2)

$$v = v_1 = \frac{a}{\sqrt{d}} V \Delta t,$$

et de même

$$v' = v'_1 = \frac{a}{\sqrt{d'}} V \Delta t,$$

car le coefficient a n'a pas changé puisqu'on emploie le même appareil. De là

$$\frac{\left(\dfrac{v'}{V}\right)}{\left(\dfrac{v}{V}\right)} = \frac{\dfrac{a}{\sqrt{d}} \Delta t}{\dfrac{a}{\sqrt{d'}} \Delta t} = \frac{\sqrt{d'}}{\sqrt{d}}.$$

[2] La formule (3) de la note de la page 324 nous donne en effet :

$$v_n = v_1 + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right) + \left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^2 + \ldots + v_1\left(1 - \frac{2v_1}{V}\right)^{n-1}.$$

Or, pour des valeurs croissantes de n, c'est-à-dire pour des temps de plus en plus longs, la somme des termes de cette progression

Je ne pense pas que, dans le cas qui nous occupe, tout au moins, il y ait de l'intérêt à aller plus loin et à chercher à déduire de la loi de Graham une formule permettant de calculer la densité d'un gaz tel que l'ozone, d'après sa diffusion comparée avec celle d'un autre gaz de densité plus forte, par exemple, tel que le chlore. On sait que la proportion d'ozone dont on peut charger l'oxygène est toujours faible. On doit donc opérer sur de petites quantités absolues, et les expériences sont trop délicates pour que les erreurs d'observation et la difficulté de construire un appareil réalisant absolument les conditions théoriques que nous avons énumérées, n'ébranlent pas la confiance que l'on pourrait accorder à ce calcul, qui du reste tiendrait difficilement compte de toutes les circonstances du phénomène[1]. On obtiendra un résultat d'une valeur bien plus grande en répétant l'expérience avec un troisième gaz de densité connue et plus faible que celle que l'on veut déterminer, et cette méthode de tâtonnement sera suffisante pour le but que l'on se propose. Il ne s'agit pas en effet de déterminer la densité de l'ozone avec une exactitude absolue : la question consiste à savoir

géométrique décroissante s'approchera de plus en plus de la valeur

$$\frac{v_1}{1-\left(1-\frac{2v_1}{V}\right)} = \frac{V}{2}.$$

On trouverait de même que v' tend vers la même valeur $\frac{V}{2}$; par conséquent, le rapport $\frac{\left(\frac{v}{V}\right)}{\left(\frac{v'}{V}\right)}$ s'approche de plus en plus de l'unité à mesure que le temps croît.

[1] Le calcul pourrait se faire de la manière suivante. Nous avons vu dans la note de la page 323, formule (1) que, dans un instant très-

si elle est une fois et demie, deux fois ou trois fois celle de l'oxygène.

court, la quantité Δv de gaz qui passe du vase inférieur au vase supérieur est exprimée par $\frac{a}{\sqrt{d}}(V - 2v)\Delta t$; en faisant Δt infiniment petit, cette expression deviendra

$$dv = \frac{a}{\sqrt{d}}(V - 2v)\,dt;$$

d'où

$$\frac{dv}{V-2v} = \frac{a}{\sqrt{d}}\,dt,$$

En prenant les intégrales définies de o à v et de o à t, on aura

$$\int_0^v \frac{dv}{V-2v} = \int_0^t \frac{a}{\sqrt{d}}\,dt,$$

et en effectuant le calcul

$$\frac{1}{2}\,l\,V - \frac{1}{2}\,l\,(V-2v) = \frac{a}{\sqrt{d}}\,t. \qquad (5)$$

En déterminant par l'expérience la valeur de v au bout d'un temps t, pour un gaz de densité connue, dont on aurait introduit une quantité V à l'origine, on pourrait, au moyen de l'équation ci-dessus, trouver la valeur du coefficient a. Cela fait, en répétant l'expérience sur le gaz dont on cherche la densité, on parviendrait à cette détermination en remplaçant a par sa valeur dans l'équation (5) et en y introduisant les valeurs de v et de V déduites de cette nouvelle expérience.

Mais, sans parler des erreurs d'observation, on peut faire les remarques suivantes :

1° Au commencement de l'expérience, le gaz mélangé à l'oxygène est uniformément réparti dans tout le vase inférieur; le vase supérieur ne contient que de l'oxygène ; le contenu de chaque vase est donc homogène. Mais cette homogénéité ne peut pas persister pendant l'expérience. Évidemment, quand la diffusion s'effectue, les couches supérieures du vase inférieur qui sont près de l'ouverture contiennent une moindre proportion du gaz sur lequel on opère que les couches inférieures ; de même les couches inférieures du vase supérieur en contiennent une plus forte proportion que les couches supérieures. Je ne pense pas que ce fait infirme les conclusions des notes précédentes ; mais il est difficile de dire quelle influence il peut

Le dosage du chlore pouvant se faire avec beaucoup de précision, identiquement par la même méthode que le dosage de l'ozone, j'ai choisi d'abord le premier de ces gaz, comme terme de comparaison.

La construction d'un appareil permettant de réaliser les expériences que nous venons d'indiquer, présente quelques difficultés. On ne peut manier l'ozone et le chlore ni sur le mercure ni sur l'eau : il faut employer l'acide sulfurique concentré qui n'exerce pas d'action sensible sur ces gaz. D'autre part, les substances organiques et les métaux sont attaqués par l'ozone et le chlore : toutes les parties des vases qui sont mises en contact avec les gaz doivent donc être formées de verre.

L'appareil dont je me suis servi[1] est représenté dans la planche I, fig. 1.

avoir sur la valeur du coefficient a, et si ce coefficient, sauf dans le premier instant, est bien le même quel que soit le gaz que l'on étudie.

2° En même temps que le gaz sur lequel on opère se diffuse, il y a aussi une diffusion de l'oxygène qui est en plus grande quantité dans le vase supérieur que dans le vase inférieur. Si la diffusion de l'oxygène était égale à celle du gaz, elle ne modifierait en rien la marche du phénomène ; mais ce n'est pas le cas, parce que l'oxygène est le moins dense des deux gaz. Il doit donc se faire un peu le vide dans le vase supérieur, et se produire une aspiration du gaz contenu dans le vase inférieur, dont une petite quantité entre ainsi par *effusion* dans le vase supérieur.

Il serait très-difficile de trouver, par le calcul, l'effet produit à cause de la non-homogénéité que nous avons signalée ci-dessus. L'expérience, comme on le verra plus bas, montre que cette influence n'altère pas sensiblement la constance du rapport $\frac{v}{V}$; mais elle doit varier avec le gaz sur lequel on opère.

Je pense donc que l'on aurait tort de se servir de l'équation (5) pour le calcul de la densité.

[1] Il a été construit avec beaucoup de précision dans les ateliers de la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique.

Les différentes pièces qui le composent s'adaptent à un fort support en fer S S reposant sur un pied en fonte.

Les deux vases, pareils l'un à l'autre, entre lesquels la diffusion doit s'opérer sont représentés en V et V′ dans la figure 1. La figure 2, pl. II, reproduit, plus en grand, l'un de ces vases V séparé du reste de l'appareil (les parties figurées en lignes pointées se rapportant à la disposition destinée à l'analyse du gaz, dont il sera question plus bas). Chaque vase est formé d'un cylindre en verre de 40mm de diamètre intérieur environ. Ces deux cylindres ont été coupés sur un même tube, et leurs ouvertures soigneusement rodées perpendiculairement à l'axe du cylindre, de manière que leur capacité fût sensiblement égale[1] (250 centimètres cubes environ). L'un de ces tubes est supporté par le bras B, l'autre par le bras B′; ces deux bras de laiton, mobiles sur l'arbre du support auquel ils se fixent par les vis de pression p et p', portent chacun un anneau à charnière, dans lequel s'engage l'un des tubes, V ou V′: trois vis de pression q, q et q', q' fixent ces vases dans une position convenable. Les anneaux pouvant s'ouvrir à volonté, il est facile de placer ou d'enlever les vases V et V′.

Les deux tubes V et V′ sont fermés par des obturateurs formés de plaques de verre parfaitement planes, o, o', o'', o''', percées de trous divers, comme nous le verrons plus bas. Chaque obturateur est maintenu dans sa position au moyen d'une pièce spéciale destinée à l'appliquer contre l'ouverture du tube, sans empêcher un mouvement de glissement latéral. Ces quatre pièces, presque semblables, sont représentées en m, m', m'' et m'''

[1] Le tube dans lequel ces cylindres ont été pris étant un peu conique, leur longueur n'est pas la même.

dans la fig. 1, pl. I; deux d'entre elles se retrouvent plus en grand dans la fig. 2, pl. II; enfin, la figure 3 donne le plan de l'une d'elles. Elles se composent d'une douille en laiton s'adaptant au tube de verre à l'aide d'une vis *r*. Cette douille porte quatre bras ou fourchettes *f*, *f*, dont chacune porte deux trous par lesquels passe à frottement doux une tige verticale *tb*, *tb* terminée par un bouton *b*, du côté de l'ouverture du tube de diffusion. Du côté opposé, les têtes de ces quatre tiges sont réunies par un cadre en laiton mobile avec elles. De petits ressorts à boudin tendent à les ramener du côté opposé à l'ouverture du tube. Pour placer l'obturateur, on appuie sur le cadre de manière à faire céder les ressorts et à faire avancer les tiges du côté de l'ouverture du tube; puis on glisse l'obturateur dont la largeur est égale à l'écartement des tiges prises deux à deux, de manière que les boutons l'appliquent contre l'ouverture du tube, quand en cessant d'appuyer sur le cadre, les tiges sont ramenées en arrière par les ressorts qui les commandent. On comprendra le jeu de ces pièces par l'inspection de la figure 2, dans laquelle on voit l'obturateur supérieur *o'* dans le sens de sa longueur, et l'obturateur inférieur *o* dans le sens de sa largeur.

Les tiges et les boutons correspondant à l'obturateur inférieur de chaque vase sont en platine, parce que, comme on le verra plus bas, ils doivent être mis en contact avec de l'acide sulfurique. Les tiges des obturateurs supérieurs sont en laiton.

L'obturateur inférieur *o* du vase inférieur V est représenté en plan dans la figure 4; il est formé d'une plaque rectangulaire de verre de $3^{mm},5$ d'épaisseur, de 140^{mm} de longueur et de 57 de largeur. Dans cette plaque, près

de l'une de ses extrémités, est percé un trou circulaire *a*, *a* du même diamètre que le tube V. Lorsqu'en faisant glisser l'obturateur, on amène sa partie pleine devant l'ouverture du tube, celui-ci est fermé; si on amène le trou circulaire en coïncidence avec l'ouverture, le tube est complétement ouvert.

L'obturateur supérieur o' du vase inférieur V est représenté dans la figure 5; il est formé d'une plaque de verre de 7^{mm} d'épaisseur, de 140 de longueur et de 57 de largeur. Il est percé de deux trous: l'un d'eux *c* est conique et a 9^{mm} de diamètre dans sa plus grande largeur, et 8 dans sa partie la plus étroite. Nous indiquerons plus loin l'usage auquel il est destiné. L'autre trou *d* est cylindrique et a $10^{mm},5$ de diamètre. On peut, en faisant glisser l'obturateur entre les quatre tiges qui le maintiennent, ou fermer complétement l'ouverture, ou amener le trou *d* de manière qu'il coïncide avec l'axe du vase V, ou amener le trou conique *c* de manière qu'il communique avec l'intérieur du vase.

L'obturateur inférieur o'' du vase supérieur V' est représenté dans la figure 6; il a $3^{mm},5$ d'épaisseur, 111^{mm} de longueur et 57 de largeur. Il est percé d'un seul trou *e* à $5^{mm},5$ de diamètre. Suivant la position de cet obturateur, on peut fermer complétement l'ouverture, ou amener le trou *e* dans l'axe du tube V'.

Enfin, l'obturateur supérieur o''' du vase supérieur est représenté dans la figure 7; il a 7^{mm} d'épaisseur, 107 de longueur et 57 de largeur. Il est percé d'un seul trou conique c' tout semblable au trou *c* de l'obturateur o'. On peut à volonté placer l'obturateur de manière à fermer l'ouverture, ou à établir le trou en communication avec l'intérieur du tube V'.

Ces quatre obturateurs sont formés de plaques de verre parfaitement planes, et quand on les lubrifie avec une goutte d'acide sulfurique, qui facilite leur glissement, ils ferment hermétiquement les vases à diffusion, sans permettre aucune fuite de gaz, tant que la pression de l'intérieur à l'extérieur ne dépasse pas certaines limites qui ne sont jamais atteintes dans les expériences. On s'en est assuré par plusieurs essais directs.

Comme nous venons de le dire, les obturateurs supérieurs des deux vases sont formés de plaques de verre épaisses, percées chacune d'un trou conique. Dans ces trous on peut engager l'extrémité, conique également et soigneusement rodée, de tubes de verre, qui servent à faire sortir les gaz, particulièrement pour l'analyse. Ces tubes de verre, dont l'un α, α, α est représenté en lignes ponctuées dans la figure 2, se placent seulement quand on en a besoin. Une goutte d'acide sulfurique humectant leur extrémité conique rend le joint hermétique. L'épaisseur de l'obturateur est assez grande pour que le tube tienne en place sans qu'il dépasse du côté du vase, en sorte qu'il ne gêne pas le mouvement de glissement de l'obturateur.

Un troisième cylindre de verre C (fig. 1, pl. I) d'un décimètre de longueur, coupé dans le même tube dont on a déjà pris les vases V et V', est placé au-dessous d'eux. Il est engagé dans l'anneau qui termine le bras de fonte D fixé lui-même à l'arbre du support par la vis de pression *l*. Six autres vis de pression *s, s, s*, trois supérieures et trois inférieures, servent à fixer le tube dans l'anneau en le maintenant dans une position verticale. L'ouverture supérieure de ce tube est rodée avec soin, de manière à pouvoir être exactement fermée par l'obturateur *o* du vase V. L'ouverture inférieure plonge dans une cuve à acide

sulfurique, formée d'une grande éprouvette en verre E E présentant un large évasement à sa partie supérieure [1].

Après avoir décrit les diverses pièces dont l'appareil est composé, nous avons à indiquer la marche suivie dans les expériences.

On dispose en premier lieu le support de manière qu'il soit bien vertical, les vases V et V' n'étant pas en place. On ajuste le cylindre C de manière que le plan de son ouverture supérieure soit parfaitement horizontal.

Après qu'on y est parvenu, la première chose à faire, c'est de remplir d'oxygène le vase supérieur V'. Pour cela, on le fixe au bras B immédiatement au-dessus du cylindre C, à la place où le vase V se trouve dans la figure 1 ; on place l'obturateur inférieur o'' de manière que le trou e établisse la communication entre le vase V' et le cylindre C; l'obturateur supérieur est aussi placé dans une position telle que le trou c' établisse la communication de l'intérieur du vase avec l'extérieur. On fait alors passer un courant d'oxygène amené dans le cylindre C par un tube abducteur, sous l'acide sulfurique de l'éprouvette E. Cet oxygène, préparé par le chlorate de potasse et le peroxyde de manganèse, est fourni par un gazomètre, et avant d'arriver à l'appareil, il passe par un flacon laveur contenant une dissolution de potasse caustique, puis par un tube en U rempli de ponce im-

[1] La forme de cette éprouvette et celle du bras de fonte D ne sont pas justifiées dans la disposition de l'appareil que je viens de décrire. Je les avais adoptées dans une précédente disposition et pour des expériences faites d'après une méthode différente que je ne relate pas, parce qu'elle ne m'a pas donné de résultats suffisamment précis.

bibée de potasse : enfin, il se dessèche dans un long tube à acide sulfurique concentré. Quand le dégagement s'est produit pendant un temps suffisant pour que tout l'air soit chassé du vase V', on ferme rapidement, d'abord l'obturateur inférieur, puis l'obturateur supérieur, et le vase se trouve rempli d'oxygène pur à la pression de l'atmosphère. Pendant le dégagement d'oxygène, on a eu soin d'amener la salle à la température T (16°,3 C.), à laquelle toutes les expériences doivent être faites.

On enlève ensuite le vase V' du bras B; on l'adapte au bras B' que l'on a fixé au haut du support, et l'on passe à l'introduction dans le vase V, du mélange d'oxygène et du gaz sur lequel on veut opérer.

Pour cela, on adapte ce vase au bras B de manière qu'il s'ajuste bien sur le cylindre C. Le trou de l'obturateur inférieur *o* doit être en coïncidence avec l'ouverture du vase et établir ainsi la communication complète entre celui-ci et le cylindre C. L'obturateur supérieur est placé dans une position telle que le trou conique *c* communique avec l'intérieur du vase.

Il s'agit d'abord de remplir ce vase V et le cylindre C d'acide sulfurique. Dans ce but, on place un bout de tube droit dont l'extrémité conique s'ajuste exactement dans le trou *c*, tandis que son autre extrémité est munie d'un robinet en laiton. On met ce robinet en communication avec une pompe aspirante par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc, et en faisant doucement fonctionner la pompe, on aspire l'air contenu dans l'appareil : l'acide sulfurique monte de l'éprouvette E dans le cylindre C et le vase V, et quand, après les avoir complétement remplis, il arrive dans le tube ajusté dans le trou conique de l'obturateur, on ferme le robinet de ce tube.

Le vase V étant ainsi rempli d'acide sulfurique, il faut y introduire le mélange de gaz et d'oxygène.

Si c'est sur le chlore que l'on veut opérer, on l'introduit avant l'oxygène, au moyen d'une très-petite cloche formée d'un bout de tube de verre fermé à une de ses extrémités et auquel on a soudé un manche en verre. On remplit cette petite cloche avec du chlore fourni par une sorte de petit gazomètre qu'il serait inutile de décrire. Puis on fait passer le gaz qu'elle contient en la renversant sous l'acide sulfurique dans le vase V. Suivant la quantité de chlore que l'on veut faire passer dans ce vase, on répète plus ou moins de fois cette opération : en tout cas, on n'introduit qu'un petit nombre de centimètres cubes de chlore, car il convient que la proportion de ce gaz mélangée à l'oxygène soit du même ordre que la proportion d'ozone qu'il est possible d'obtenir. Le chlore s'étant rassemblé à la partie supérieure, on achève de remplir le vase V et le cylindre C avec de l'oxygène fourni comme précédemment par le gazomètre. En même temps, on ramène la salle rigoureusement à la température T. On fait ensuite glisser l'obturateur supérieur o', de manière à fermer le vase V par en haut ; puis on le ferme par en bas, en faisant glisser l'obturateur inférieur o. Le vase est ainsi rempli du mélange à la pression atmosphérique et à la température T. On enlève alors le tube de verre ajusté dans le trou conique de l'obturateur supérieur.

S'il s'agit d'introduire de l'oxygène chargé d'ozone au lieu de chlore, après avoir rempli le cylindre C et le vase V d'acide sulfurique comme précédemment, on fait dégager sous le cylindre C de l'oxygène ozoné préparé par l'électrolyse ou par l'appareil de Siemens jusqu'à ce que l'appareil en soit complétement plein. Pour faire varier la

proportion d'ozone, lorsqu'on le produit par l'électrolyse, on fait varier la température à laquelle s'effectue cette préparation : plus la température est basse, plus le mélange est riche en ozone. — On procède, du reste, exactement de la même manière.

Le vase V une fois rempli, on met en place le vase V′ déjà plein d'oxygène, en le fixant au bras B′ : on a soin de le disposer de façon que son obturateur inférieur soit en croix avec l'obturateur supérieur du vase V, afin que les boutons des tiges qui les retiennent n'empêchent pas le contact parfait des deux plaques de verre ; une goutte d'acide sulfurique introduite entre elles, facilite leur glissement et remplit tous les interstices.

Cela fait, l'appareil se trouve dans la disposition représentée dans la figure 1, et tout est prêt pour l'expérience de diffusion.

Pour l'effectuer, on fait glisser l'obturateur supérieur o' du vase V de manière à porter son trou cylindrique d sur l'axe des vases de diffusion ; puis, à un instant donné que l'on note, on amène rapidement le trou e de l'obturateur o'' en coïncidence avec celui de l'obturateur o'. La communication se trouve ainsi établie entre les deux vases[1]. On laisse la diffusion s'effectuer, en maintenant la salle à la température T, pendant 45 minutes, durée qui a paru convenable avec l'appareil employé. Au bout de ce temps, en faisant glisser les deux obturateurs en contact, on interrompt la communication entre les deux vases, et on les ferme complétement.

[1] On comprend qu'il était nécessaire de donner à l'un des obturateurs en contact une ouverture plus grande que celle de l'autre, car si elles avaient eu la même dimension, il eût été très-difficile d'amener entre elles une coïncidence parfaite, et par conséquent d'obtenir une ouverture constante.

Il ne reste plus maintenant qu'à faire l'analyse des gaz contenus dans les vases supérieur et inférieur. Cette opération étant identiquement la même pour chaque vase, il suffira de la décrire pour l'un d'eux.

On enlève du support S le vase avec le bras qui le soutient, et on le fixe au moyen d'un autre support sur une cuve à acide sulfurique formé d'une cuvette de photographe en porcelaine, en plaçant l'obturateur inférieur au-dessous du niveau de l'acide sulfurique qu'elle contient; les tiges qui maintiennent cet obturateur étant en platine, elles ne sont pas attaquées. Le vase V dans cette position est représenté dans la fig. 2, pl. II; la cuvette à acide sulfurique MM étant figurée en lignes ponctuées. On adapte alors dans le trou conique *c* de l'obturateur supérieur le tube recourbé $\alpha\alpha\alpha$, dont l'extrémité inférieure plonge dans un vase à précipités XX contenant une dissolution d'iodure de potassium. On fait glisser l'obturateur supérieur de manière à amener le trou conique et l'orifice du tube α, qui y est engagé en communication avec l'intérieur du vase V, comme on le voit dans la figure 2. Comme l'obturateur inférieur est encore fermé, le gaz se trouve sous la pression de l'atmosphère, et il ne peut s'en échapper pendant ce mouvement. Une fois que le tube α et l'obturateur sont bien ajustés dans leur position (les points de contact étant lubrifiés avec de l'acide sulfurique), il n'y a pas à craindre de perte de gaz, même si la pression du gaz est un peu plus grande à l'intérieur qu'à l'extérieur. On peut donc ouvrir le vase par en bas : c'est ce que l'on fait en poussant avec une tige de verre sous l'acide sulfurique l'obturateur inférieur, que l'on enlève complétement. Puis, pour chasser le gaz dans le vase X au travers de la dissolution d'iodure de potassium qui doit

absorber le chlore ou l'ozone[1], on fait passer pendant longtemps un courant d'air amené par un tube abducteur $\beta\beta$ sous le vase V. Cet air est fourni par un gazomètre où il a été dépouillé par de l'iodure de potassium des traces de chlore ou d'ozone qu'il pourrait contenir[2].

Quand les vases ont été suffisamment lavés par le courant d'air, il ne reste plus qu'à analyser les dissolutions d'iodure de potassium contenues dans les vases à précipités. C'est ce que l'on a fait par la méthode de Bunsen.

On trouve ainsi les poids d'iode mis en liberté dans l'iodure pour le vase supérieur et pour le vase inférieur, poids que nous désignerons par u et u'. Il est évident que le rapport que nous avons représenté précédemment par $\frac{v}{V}$ sera égal à $\frac{u}{u+u'}$. S'il s'agit du chlore, dont la densité est connue, on pourra déduire des valeurs u et u'

[1] On sait que la réaction de ces gaz sur l'iodure de potassium est très-prompte ; toutefois, pour être certain d'obtenir une absorption complète, on ne laissait pas les bulles de gaz se dégager simplement à l'orifice du tube α, mais on engageait cet orifice dans un bout de tube de verre de plus grand diamètre, ouvert à ses deux extrémités, noyé dans la dissolution d'iodure de potassium et placé presque horizontalement dans le vase N. Le gaz, en sortant du tube α, était obligé, avant de se dégager, de passer bulle à bulle dans ce tube presque horizontal qui n'est pas représenté dans la figure.

[2] Les tiges de platine de l'obturateur inférieur étaient un peu trop courtes pour que l'on pût enfoncer le vase V dans l'acide sulfurique autant qu'il l'aurait fallu afin d'obtenir une pression suffisante pour faire sortir le gaz par le tube α. Pour y arriver, après avoir enlevé l'obturateur inférieur, on était obligé de dévisser la douille qui porte les quatre tiges à ressort, de relever un peu cette pièce, puis de soulever la cuvette à acide sulfurique, tandis qu'un aide glissait une planchette au-dessous. Cette opération, un peu délicate, nécessitée par un défaut de construction, est la seule qui présente une difficulté réelle dans le maniement de l'appareil; toutefois, il ne m'est arrivé qu'une seule fois de manquer l'expérience en l'exécutant.

les poids ou les volumes des quantités de gaz sur lesquelles on a opéré. S'il s'agit de l'ozone, on saura seulement que ces poids ou volumes sont proportionnels à u et u'.

Avant de donner les résultats des expériences, nous dirons quelques mots sur une cause d'erreur que présente cette manière d'opérer. Les trous dont les obturateurs o' et o'' sont percés contiennent une petite quantité de gaz qui se perd lorsqu'on ferme les vases après la diffusion. Il en résulte que la quantité $u + u' = V$ trouvée par l'expérience est un peu trop faible, et que, par suite, le rapport de $\frac{v}{V}$ est un peu trop fort. Mais je ne pense pas que cette petite cause d'erreur soit de nature à altérer la constance du rapport $\frac{v}{V}$ pour des valeurs différentes de V : en effet, la quantité de chlore ou d'ozone contenue dans l'espace laissé dans les trous des obturateurs doit elle-même être proportionnelle à V.

Les autres causes d'erreur, telles que l'impureté possible des gaz employés, les variations de température et de pression atmosphérique, doivent exercer une très-petite influence.

En opérant d'après cette méthode sur des mélanges d'oxygène et de petites proportions de chlore, on a obtenu les résultats contenus dans le tableau suivant. Les quantités v et V sont données en volumes.

Diffusion du chlore.

Quantité de chlore mélangée à l'oxygène dans le vase inférieur avant l'expérience. V	Quantité de chlore introduite par diffusion dans le vase supérieur en 45 minutes. v	Rapport. $\frac{v}{V}$	Différence entre la valeur de v trouvée directement et calculée d'après la moyenne des expériences.
cc 3,10	cc 1,74	0,2387	cc +0,04
4,27	1,01	0,2365	+0,04
6,64	1,48	0,2230	—0,03
10,34	2,34	0,2263	—0,01
11,18	2,51	0,2245	—0,025
17,91	4,05	0,2261	—0,015
53,44	12,13	Rapport moyen. 0,2270	

Les valeurs du rapport $\frac{v}{V}$ contenues dans la troisième colonne de ce tableau peuvent être considérées comme constantes si l'on remarque que les deux premiers nombres, dont l'écart avec la moyenne est le plus considérable, sont déduits d'expériences dans lesquelles on a opéré sur des quantités de chlore très-petites et où, par conséquent, la moindre erreur dans la détermination de v ou de V entraîne une variation considérable de leur rapport. C'est du reste ce que les chiffres de la quatrième colonne mettent en évidence : les différences entre les valeurs de v trouvées directement et calculées d'après la moyenne des expériences sont extrêmement petites et rentrent dans la limite des erreurs d'observation. Je puis même dire qu'en commençant ces recherches, je ne m'attendais pas arriver à une concordance aussi grande.

On peut en conclure de là que *la quantité de chlore diffusée dans un temps déterminé est proportionnelle à la quantité de chlore mélangée à l'oxygène dans le vase inférieur au commencement de l'expérience.*

Les résultats obtenus sur des mélanges d'oxygène et d'ozone préparés par l'électrolyse sont consignés dans le tableau suivant. Pour rendre les chiffres plus comparables, les valeurs de v et de V sont données en volumes calculés en supposant que le volume de l'ozone soit le double du volume de la quantité d'oxygène absorbée par l'iodure de potassium, c'est-à-dire en admettant 1,658 pour la densité de l'ozone. Il est évident que la valeur du rapport $\frac{v}{V}$ n'est, en tout cas, pas modifiée par cette hypothèse.

Diffusion de l'ozone préparé par l'électrolyse.

V	v	$\frac{v}{V}$	Différence.
cc 4,68	cc 1,29	0,2756	cc +0,02
9,13	2,45	0,2683	−0,02
9,49	2,53	0,2660	−0,04
10,89	3,03	0,2782	+0,08
12,71	3,40	0,2675	−0,04
46,90	12,70	Rapport moyen. 0,2708	

Ici, comme pour le chlore, on voit que les variations du rapport $\frac{v}{V}$ sont faibles et que les différences contenues dans la quatrième colonne sont très-petites : *la*

quantité d'ozone diffusée est donc proportionnelle à la masse d'ozone contenue au commencement de l'expérience dans le vase inférieur.

Mais la diffusion de l'ozone est plus rapide que celle du chlore : il faut en conclure que *la densité de l'ozone est plus faible que celle du chlore.*

Pour chaque centimètre cube de chlore contenu à l'origine dans le vase inférieur, il en pénètre $0^{cc},227$ dans le vase supérieur en 45 minutes ; tandis que dans le même temps, pour chaque centimètre cube d'ozone introduit dans le vase inférieur, il en pénètre $0^{cc},274$ dans le vase supérieur. Le rapport de ces deux quantités $\frac{0,227}{0,271} = 0,8382$, se rapproche beaucoup du rapport inverse de la racine carrée des densités, si l'on admet que la densité de l'ozone est une fois et demie celle de l'oxygène : on a, en effet, $\frac{\sqrt{1,658}}{\sqrt{2,44}} = 0,8243$. Le rapport trouvé se rapproche plus de l'unité que le rapport théorique, comme cela devait être (voyez page 325).

Ainsi ces résultats s'accordent très-bien avec l'hypothèse, déjà vérifiée par les expériences rapportées dans la première partie de ce mémoire, que *la densité de l'ozone est une fois et demie celle de l'oxygène.*

J'ai cherché à contrôler ce résultat en étudiant la diffusion de l'acide carbonique. La densité de l'acide carbonique, 1,529, est un peu plus faible que celle admise pour l'ozone, mais elle s'en rapproche beaucoup. Par conséquent, la différence de ces deux gaz doit être peu différente, quoiqu'un peu plus rapide pour l'acide carbonique.

Les expériences ont été faites de la même manière que celles sur le chlore, avec les seules différences suivantes :

1° Après avoir rempli d'acide sulfurique le cylindre C et le vase V, on y fait arriver directement un peu d'acide carbonique à sa sortie de l'appareil où on le prépare : il n'est pas nécessaire de l'introduire avec la petite cloche en verre, comme on le faisait pour le chlore.

2° Pour faire l'analyse de l'acide carbonique contenu dans les vases après l'expérience, au lieu de diriger le gaz dans des vases à précipités contenant de l'iodure de potassium, on le faisait passer bulle à bulle dans de longs tubes remplis d'eau de baryte. Le gaz était chassé par un courant d'air dépouillé d'acide carbonique par son passage au travers d'un tube contenant de la ponce imbibée de potasse caustique. On faisait ensuite l'analyse de l'eau de baryte en partie convertie en carbonate, avec une dissolution titrée d'acide oxalique. Dans la première expérience, on a employé du papier de curcuma pour reconnaître le moment où l'on atteint la neutralité ; dans la seconde expérience, on s'est servi de teinture de tournesol.

Je suis disposé à croire que ces analyses m'ont donné une proportion d'acide carbonique un peu trop forte, soit que les réactifs colorés et particulièrement le tournesol ne soient pas aussi sensibles que l'amidon employé dans l'analyse du chlore et de l'ozone, soit que, pendant la manipulation, l'eau de baryte absorbe un peu d'acide carbonique contenu dans l'air ambiant. Il doit en résulter que la valeur trouvée pour le rapport $\frac{v}{V}$ est un peu trop grande[1].

[1] En effet, comme précédemment, $\frac{v}{V} = \frac{u}{u+u'}$; si au lieu de u et u'

Les résultats des deux expériences que l'on a faites sur des mélanges d'oxygène et d'acide carbonique sont donnés dans le tableau suivant :

Diffusion de l'acide carbonique.

V	v	$\frac{v}{V}$	Différence.
cc 17,47	cc 4.97	0.2845	cc —0.10
22,57	6,67	0,2951	+0,10
40,04	11,64	Rapport moyen. 0,2907	

On voit que la vitesse de diffusion de l'acide carbonique est très-voisine de celle de l'ozone, mais un peu plus grande. Ces expériences, quoiqu'un peu moins précises que les précédentes, permettent de conclure que *la densité de l'ozone est un peu plus grande que celle de l'acide carbonique*, ce qui confirme le résultat trouvé précédemment.

Dans mes premiers essais pour étudier l'appareil, j'avais opéré sur de l'oxygène ozoné préparé par l'appareil de Siemens, et j'avais obtenu pour le rapport $\frac{v}{V}$ une valeur un peu inférieure à celle que j'ai trouvée ensuite en opérant sur de l'ozone électrolytique. D'après

l'analyse donne des nombres trop forts $u+\varepsilon$ et $u'+\varepsilon$, le rapport trouvé sera $\frac{u+\varepsilon}{u+u'+2\varepsilon}$ et comme dans ces expériences on a toujours $\frac{u}{a+u'} < \frac{1}{2}$, on doit avoir $\frac{u+\varepsilon}{u+u''+2\varepsilon} > \frac{u}{u+u'}$.

cela, je me suis demandé s'il y a une différence réelle entre la vitesse de la diffusion des gaz préparés d'après les deux méthodes différentes. Malheureusement, je n'ai pu résoudre cette question d'une manière positive.

Lorsque j'ai pu m'occuper de ces nouvelles déterminations, que des causes indépendantes de ma volonté avaient retardées, la saison des chaleurs avait commencé : il n'était plus possible de maintenir le laboratoire à la température à laquelle toutes les expériences que nous avons rapportées avaient été faites (16°,3 C.). Or, la vitesse de la diffusion augmente avec la température ; les résultats ne sont donc pas rigoureusement comparables avec les précédents. De plus, on sait combien il est difficile de maintenir constante la température d'une salle pendant l'été. Enfin, quoique j'aie employé pour électriser l'oxygène un puissant appareil de Ruhmkorff que M. A. Perrot avait bien voulu mettre à ma disposition, je n'ai pas réussi à obtenir une aussi forte proportion d'ozone par l'appareil de Siemens que par l'électrolyse.

On voit donc qu'il y a eu quelques causes d'incertitude dans ces déterminations. Quoi qu'il en soit, les chiffres que j'ai obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous, qui est disposé comme les précédents, sauf que, dans une première colonne, on a indiqué la température à laquelle a eu lieu l'expérience et que, dans la dernière colonne, on a inscrit la différence entre les valeurs de *v* trouvée directement et calculée, non pas d'après la moyenne des expériences contenues dans le tableau, mais d'après le rapport moyen 0,2708, déduit des expériences sur l'ozone électrolytique.

Les deux premières expériences ont été faites en dirigeant au travers de l'appareil de Siemens de l'oxygène

préparé par le chlorate de potasse et le peroxyde de manganèse, purifié par la potasse et desséché par l'acide sulfurique. Dans les deux autres expériences, on a employé de l'oxygène préparé par la décomposition électrolytique de l'eau qui, avant de se rendre au gazomètre, passait dans un tube à oxyde de cuivre chauffé au rouge, où il se dépouillait des traces d'hydrogène qu'il aurait pu contenir.

Diffusion de l'ozone préparé par l'appareil de Siemens.

Température. T	V	v	$\frac{v}{V}$	Différence entre la valeur de v trouvée directement et calculée au moyen du rapport 0,2708.
19°,4	cc 6,43	cc 1,87	0,2905	cc +0,13
19°,1	6,75	1,91	0,2833	0,085
20°,5	6,03	1,72	0,2852	0,09
21°,4	6,24	1,78	0,2859	0,09
Tempér. moyenne. 20°,1	25,45	7,28	Rapport moyen. 0,2862	

On voit que le rapport $\frac{v}{V}$ a été constamment supérieur à 0,2708, valeur obtenue avec l'ozone électrolytique. Les chiffres de la cinquième division montrent cependant que les différences en valeur absolue sont très-petites. Je ne pense pas néanmoins que l'on puisse les attribuer uniquement à la différence de température.

En effet, pour s'en assurer, on a fait trois nouvelles expériences sur de l'ozone préparé par l'électrolyse à des températures supérieures, la proportion d'ozone dont l'oxygène était chargé étant à peu près la même que

celle que l'on avait obtenue à l'appareil de Siemens. Le tableau suivant, qui est disposé comme le précédent, indique les résultats que l'on a obtenus.

Diffusion de l'ozone préparé par l'électrolyse.

T	V	v	$\frac{v}{V}$	Différence calculée d'après le rapport 0,2708.
22°,1 22°,2 22°,4	cc 5,69 6,41 6,58	cc 1,57 1,78 1,87	0,2760 0,2782 0,2839	cc 0,030 0,047 0,086
Tempér. moyenne. 22°,1	18,68	5,22	Rapport moyen. 0,2796	

On voit que le rapport $\frac{v}{V}$ est bien un peu plus grand que 0,2708, mais il est plus petit que la valeur trouvée dans les expériences sur l'ozone préparé par l'appareil de Siemens.

Faut-il attribuer ces petites différences dans la vitesse de diffusion à la nature même du gaz, à quelque cause d'erreur restée inaperçue, ou aux inexactitudes de ces expériences faites, comme nous l'avons vu, dans des conditions moins favorables que les précédentes? C'est ce que je ne me permettrai pas de décider.

Résumé.

En résumé, des expériences antérieures à celles qui font l'objet de ce mémoire avaient prouvé que l'ozone est un état allotropique de l'oxygène plus dense que l'oxygène ordinaire.

Les expériences rapportées dans la première partie de ce travail montrent que, lorsqu'on traite par l'essence de térébenthine ou l'essence de cannelle, de l'oxygène chargé d'ozone, la diminution de volume est sensiblement le double de l'augmentation de volume que l'on obtient en traitant le même gaz par la chaleur, c'est-à-dire en détruisant l'ozone. La conclusion naturelle de ce fait, c'est que *la densité de l'ozone est une fois et demie celle de l'oxygène, soit 1,658.*

Les expériences rapportées dans la seconde partie de ce mémoire confirment complétement ce résultat : la vitesse de diffusion de l'ozone est notablement plus grande que celle du chlore et très-voisine de celle de l'acide carbonique, mais un peu plus faible. Il faut en conclure que la densité de l'ozone est notablement inférieure à celle du chlore, voisine de celle de l'acide carbonique et un peu plus grande. Le chiffre 1,658, adopté pour la densité de l'ozone, s'accorde donc complétement avec l'ensemble des faits que nous avons rapportés.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

CHIMIE.

T. ANDREWS. SUR L'IDENTITÉ AVEC L'OZONE DE LA SUBSTANCE RENFERMÉE DANS L'ATMOSPHÈRE QUI DÉCOMPOSE L'IODURE DE POTASSIUM. (*Philosophical Magazine*, octobre 1867.)

Cette identité ayant été dernièrement révoquée en doute par la raison que d'autres substances, dont la présence dans l'atmosphère pourrait être soupçonnée, telles que l'acide nitrique et le chlore, seraient aussi douées de la propriété de colorer l'iodure de potassium, l'auteur cherche à la démontrer par les considérations suivantes :

On sait que les réactions de l'ozone cessent de se manifester lorsqu'on a fait passer le gaz à travers un tube renfermant des fragments de peroxyde de manganèse sec. Or, l'expérience démontre que l'ozone supposé contenu dans l'atmosphère se comporte exactement de la même manière. L'auteur le prouve en faisant passer un courant uniforme de 80 litres d'air atmosphérique à travers un tube contenant du peroxyde de manganèse. Lorsque ensuite ce courant a été dirigé sur le papier réactif, il ne s'est pas manifesté la plus légère coloration, quoique le même papier réactif fût sensiblement affecté par le passage de 10 litres seulement d'air atmosphérique qui n'avait pas été soumis à l'action du peroxyde de manganèse.

Mais c'est l'action de la chaleur qui a fourni à M. Andrews une preuve, à son avis incontestable, de la présence de l'ozone dans l'atmosphère. On savait déjà que l'ozone obtenu par l'électrolyse se décompose à la température de 237° C. Partant de ce fait, l'auteur a imaginé un appareil au moyen

duquel il parvenait à réchauffer un courant d'air atmosphérique jusqu'à la température de 260° dans un globe de verre de la capacité de 5 litres. Ce courant passait du globe dans un tube en forme d'U, d'un mètre de long, dont les parois intérieures étaient humectées avec de l'eau, tandis que le tube lui-même était entouré d'eau froide, de façon à être maintenu à la température ordinaire de l'atmosphère. Si alors l'on faisait passer au travers de cet appareil de l'air atmosphérique à la température ordinaire, à raison de 3 litres par minute, il suffisait de deux ou trois minutes pour colorer distinctement le papier réactif, tant qu'on ne chauffait pas l'air renfermé dans le globe de verre. Mais dès que le courant d'air qui passait au travers de ce globe avait été porté à la température de 260° environ, aussitôt le papier réactif ne manifestait plus aucune coloration, quel que fût d'ailleurs le temps pendant lequel on faisait passer le courant. Une expérience analogue faite avec une atmosphère artificielle d'ozone, soit l'air d'une chambre renfermant une petite quantité d'ozone électrolytique, a fourni précisément le même résultat ; tandis que, lorsqu'on a fait passer au travers de l'appareil de l'air renfermant de très-petites quantités de chlore ou de vapeur d'acide nitrique, le papier réactif se trouvait également affecté, soit que le globe de verre fût chauffé à la température de 260°, soit qu'il restât à la température ordinaire.

Professeur LIELEGG. SUR LE SPECTRE DE LA FLAMME DE BESSEMER. (*Philosophical Magazine*, octobre 1867.)

La flamme qui s'échappe pendant la chauffe (*a charge*) du four de Bessemer présente, lorsqu'on l'examine au moyen d'un appareil spectral, diverses lignes brillantes distinctes du spectre continu, lequel en forme pour ainsi dire l'arrière-plan.

Outre les raies dues à la présence du sodium, du lithium

et du potassium, qui deviennent visibles à la fin de la période de formation des scories, d'autres groupes de lignes apparaissent pendant la combustion, et atteignent une intensité lumineuse beaucoup plus forte au commencement de la période de refroidissement. Ces lignes s'étendent depuis celle qui caractérise le sodium jusqu'à un peu au delà de la ligne bleue du strontium, et partagent cet espace en quatre champs d'égale grandeur. L'extrémité du premier champ, borné par la ligne du sodium, est indiquée par une ligne jaune brillante d'un éclat assez vif pour rendre invisible toute autre ligne qui pourrait s'y trouver. Le second champ, en contact avec le premier, se trouve dans la partie jaune verdâtre du spectre, et renferme dans sa moitié la plus éloignée trois lignes vertes d'égale largeur, dont la troisième, qui termine le champ, est la plus brillante. Le champ suivant renferme quatre lignes d'un bleu verdâtre, dont l'avant-dernière est la plus lumineuse. Ces lignes sont également distantes les unes des autres et occupent les deux tiers du champ, de sorte qu'entre la troisième ligne du second champ et la première du troisième, il reste un intervalle égal au tiers de la largeur du champ entier. On aperçoit dans le quatrième champ, situées à des distances à peu près égales, quatre lignes bleues de même largeur et de même intensité : on ne remarque dans la partie violette d'autres lignes que celle du potassium Kβ. Pendant la période où le spectre paraît le plus brillant, les espaces compris entre les lignes du troisième et du quatrième champ deviennent sombres, et présentent l'apparence de bandes d'absorption, dont l'origine s'explique d'ailleurs par la nature de la flamme de Bessemer. De l'autre côté de la ligne du sodium, et situées à peu près comme la ligne rouge orangé du calcium, on a remarqué deux lignes très-rapprochées et peu définies, présentant l'apparence d'une large raie lumineuse partagée en deux au milieu par une bande noire obscure.

Vers la fin de la période de refroidissement, l'intensité lu-

mineuse des différents groupes diminue graduellement, et, peu avant la fin de la chauffe, toutes les lignes des troisième et quatrième champs disparaissent complétement. Le spectre reprend alors la même apparence qu'au commencement de la période de combustion.

La flamme de Bessemer étant produite principalement par la combustion de l'oxyde de carbone, les groupes de lignes que nous venons de décrire doivent être regardés comme représentant le spectre de ce gaz, leur apparition régulière pendant sa combustion indiquant le commencement de la véritable décarbonisation. Ce fait, joint à l'accroissement d'intensité lumineuse des lignes jusqu'au commencement de la période de refroidissement, et leur disparition complète à la fin de cette période, pourra servir à jeter quelque jour sur la nature du procédé de Bessemer. Dans tous les cas, le spectre de l'oxyde de carbone n'ayant pas été décrit jusqu'ici, les expériences de M. Lielegg ont comblé une lacune dans la série des spectres gazeux.

Dr L. PFAUNDLER. SUR LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DES HYDRATES DE L'ACIDE SULFURIQUE. (*Zeitschrift für Chemie*, 1867, p. 571.)

Les recherches de l'auteur ont porté sur les trois hydrates SO^3+H^2O, $SO^3+2\,H^2O$, $SO^3+3\,H^2O$, et elles ont donné en moyenne les nombres suivants :

SO^3+H^2O	entre	77° et 13°	0,3413
»	»	98° et 16°	0,3542
»	»	137° et 15°	0,3740
$SO^3+2\,H^2O$	entre	75° et 14°	0,4478
»	»	98° et 18°	0,4527
$SO^3+3\,H^2O$	»	70° et 14°	0,4703
»	»	98° et 16°	0,4703

Conclusions : I. La capacité calorifique croit avec la teneur en eau et la température. — II. Les différences de chaleur

spécifique suivant la température, sont le plus fortes pour le monohydrate, et diminuent très-rapidement de valeur à mesure que la teneur en eau s'élève.

Si l'on calcule la chaleur atomique des trois hydrates, on obtient les valeurs 33,45, 51,94 et 63,02 pour les plus basses températures. Tandis que la différence entre les deux premières est très-voisine de celle de l'eau pure, celle des deux dernières en diffère beaucoup; l'auteur en conclut que l'eau est contenue dans ces hydrates avec des chaleurs atomiques différentes, ou, plus vraisemblablement, que divers phénomènes dans l'intérieur du liquide, pendant le refroidissement, masquent la vraie chaleur spécifique de celui-ci.

M. D.

A.-W. Hofmann. Sur l'aldéhyde méthylique. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1867, 2me semestre.)

L'aldéhyde de la série méthylique est demeurée inconnue jusqu'aux recherches dont nous rendons compte. Cette substance présente un très-haut intérêt : composé très-simple, elle occupe une place intermédiaire entre le gaz des marais et l'acide carbonique; elle est un lien de transition entre l'alcool méthylique et l'acide formique; elle est à la fois aldéhyde et acétone suivant la manière dont on l'envisage; en un mot, elle fait sauter aux yeux un ensemble de relations bien plus complet qu'aucune autre aldéhyde.

Les tentatives de M. Hofmann pour obtenir l'aldéhyde méthylique ont échoué jusqu'à cet été, où le chimiste dont nous parlons a vu ses efforts couronnés de succès. L'aldéhyde méthylique se forme avec une facilité très-grande lorsqu'on dirige un courant d'air atmosphérique chargé de vapeurs d'alcool méthylique sur une spirale de platine incandescente. Le fond d'un flacon à trois tubulures, d'une capacité de deux litres, est rempli jusqu'à une hauteur d'à peu près 5 centimètres avec de l'alcool méthylique modérément chauffé. A la première tubulure est adapté, au moyen d'un bouchon de

liége, un tube qui vient affleurer la surface du liquide; dans la seconde entre à frottement doux un bouchon de liége porteur d'une spirale en platine qui descend presque jusqu'au niveau du liquide; la troisième tubulure, enfin, communique avec un condensateur de Liebig dont l'extrémité inférieure s'emmanche dans un récipient à deux tubulures dont la seconde est en communication avec une série de flacons laveurs. Le dernier de ces flacons laveurs est muni d'un robinet d'aspiration par le moyen duquel on peut faire passer un courant d'air à travers tout le système de l'appareil.

Les choses ainsi disposées, on chauffe la spirale de platine jusqu'à ce qu'elle soit au rouge blanc, et on l'introduit dans le flacon à trois tubulures. Au bout de quelques instants à peine, la combustion lente de l'esprit de bois se révèle par la production d'une vapeur qui affecte vivement la vue et l'odorat; en même temps, tout l'appareil s'échauffe, et bientôt quelques gouttelettes se condensent dans le récipient.

La formation de la méthyhaldéhyde est dès ce moment en bonne voie, et si le courant d'air est convenablement réglé, l'opération peut marcher des journées entières. Le liquide condensé dans le récipient possède toutes les propriétés d'une dissolution d'aldéhyde méthylique dans l'esprit de bois. Il réduit, sous l'influence d'une chaleur très-douce, le nitrate d'argent ammoniacal; mis à bouillir avec quelques gouttes de potasse, il fournit un liquide huileux tout à fait analogue à la résine éthylaldéhydique. Traitée par l'hydrogène sulfuré d'abord, puis, à chaud, par la moitié de son volume d'acide chlorhydrique, il fournit une splendide masse d'aiguilles enchevêtrées et d'une blancheur éblouissante.

Ces cristaux fondent à 218°; ils se volatilisent sans décomposition; ils sont peu solubles dans l'eau, et davantage dans l'alcool. L'éther est leur meilleur dissolvant. Ils ont fourni à l'analyse des nombres qui montrent qu'ils constituent la sulfaldéhyde $C^2H^4S^2$, ce qui confirme bien l'existence de l'aldéhyde oxygénée dans le liquide du récipient. **M. D.**

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

W. Hüber. Les Glaciers ; 1 vol. in-8°. Paris, 1867.

L'un des traits saillants des progrès rapides de la science est cette multitude de mémoires, de travaux, d'observations, de notes qui se publient chaque jour et qui, malheureusement, se disséminent dans un nombre toujours plus immense de recueils périodiques, écrits dans toutes les langues et imprimés dans toutes les parties du monde. Aussi l'étude d'une question spéciale devient-elle chaque jour plus difficile par la complication de la bibliographie et la difficulté des recherches dans ce champ. On finirait par ne plus pouvoir y suffire si, de temps à autre, des esprits patients et généralisateurs ne s'imposaient le devoir de réunir tous les travaux relatifs à une question pour les comparer, les résumer, les classer et composer ainsi des monographies qui indiquent où en est la science sur un point spécial.

C'est à un travail de ce genre que s'est livré M. W. Hüber, en étudiant les glaciers de nos Alpes. Son livre forme un excellent résumé de la *glaciologie*, ou science des glaciers, qui, très-complet, quoique sous une forme très-concise, expose les connaissances que l'on possède dans cette branche. C'est un manuel des plus commodes à l'usage des hommes de science aussi bien qu'à celui des simples amateurs des Alpes, et qui, grâce à la netteté de sa rédaction et au secours d'excellentes planches, peut être compris de tout le monde.

L'auteur introduit son sujet par l'exposé succinct des phénomènes physiques et météorologiques qui expliquent l'origine des glaciers : condensation des vapeurs, action de la chaleur, causes du froid qui règne dans les grandes altitudes, alternances de chaleur et de froid, accumulation des neiges s'entassant suivant les lois des météores dans les montagnes et les accidents de l'orographie.

Les neiges entassées à de grandes épaisseurs passent à l'état

de névés par la pression et par la fonte d'une partie de leur substance, qui pénètre la masse et s'y congèle. C'est là pour ainsi dire l'état embryonnaire d'un glacier. La répétition sans cesse renouvelée de ce phénomène finit par transformer toute la masse du dépôt en glace bulleuse, qui devient ensuite compacte par la pression de son propre poids, et convertit ainsi les névés en glaciers. Cette transformation s'explique surtout par la loi de la *regélation*, découverte par Faraday et formulée par Tyndall. Lorsque deux morceaux de glace fondante sont en contact, ils se soudent immédiatement, et grâce à cette propriété, la glace brisée ou pulvérisée, soumise à une forte pression, reforme presque instantanément une masse compacte et homogène. Les observations les plus variées ont montré que la température des glaciers et des névés est très-voisine de 0°, en sorte que l'eau absorbée par eux se *regèle* dans leur masse, d'où résulte que la neige doit forcément se convertir peu à peu en glace compacte.

Tous les glaciers obéissent à un mouvement, en général très-prononcé, qu'on a cherché à expliquer par de nombreuses théories, dont les principales se groupent sous les deux chefs du *glissement* et de *l'absorption d'eau*. Après avoir discuté avec soin les diverses opinions émises à cet égard, l'auteur conclut avec justesse qu'aucune théorie n'est entièrement satisfaisante et que, dans un phénomène si complexe, il faut voir l'effet de plusieurs causes combinées. Parmi ces dernières, l'action de la regélation, qui permet au glacier de se remouler sans cesse dans l'excavation de la vallée encaissante, paraît jouer le plus grand rôle, sans pour cela annuler celui de la gravité. Des observations, malheureusement trop peu nombreuses encore, semblent prouver que le lit des glaciers est gelé, ce qui impliquerait qu'il y a adhérence de la glace au sol et que, par conséquent, le glissement ne peut avoir lieu ; mais cette question n'est point encore suffisamment élucidée.

La progression des glaciers se ralentit sans s'interrompre

pendant l'hiver, ce qui prouve bien l'influence capitale qu'ont la fusion de la glace et l'absorption de l'eau sur ce mouvement. Suivant les expériences d'Agassiz, la fusion superficielle de la glace serait de 2 à 3 mètres par an. Les hauts névés, qui sont le prolongement des glaciers à leur extrémité supérieure, obéissent également à un mouvement qui semble tenir à ce que le névé est sollicité presque par les mêmes forces que les glaciers et que, de plus, il est attiré par leur marche descendante.

Tous les glaciers sont traversés par des crevasses dont la direction est transversale à celle de l'axe général du mouvement. Leur formation s'explique le mieux, suivant Tyndall, par le mouvement inégal de la glace à des profondeurs différentes. La surface du glacier se meut plus rapidement que sa base ; il en résulte des déchirements transversaux qui vont augmentant par la fusion des parois. Ces déchirures peuvent atteindre d'immenses profondeurs et une largeur considérable. Elles changent de forme chaque jour, se referment sous la pression et par suite de la ductibilité de la glace, puis la végétation en fait disparaître toute trace, tandis qu'il s'en ouvre chaque jour de nouvelles.

Sur les bords des glaciers, les crevasses s'inclinent obliquement en avant, comme si la glace des bords progressait plus rapidement que celle du milieu. C'est cependant le contraire qui a lieu. Le milieu du glacier obéit à un mouvement plus rapide que les bords, et la direction oblique des crevasses latérales s'explique précisément par cette différence de mouvement qui sollicite la glace des bords suivant une résultante oblique et la brise perpendiculairement à cette résultante. Les crevasses longitudinales se forment lorsque le glacier franchit un dos d'âne longitudinal ; les crevasses rayonnantes apparaissent lorsque le glacier s'étale, comme par exemple dans un épâtement terminal.

La structure de la glace revêt diverses apparences remarquables qui sont devenues l'objet de nombreux travaux. La

structure *veinée*, en particulier, n'est pas encore entièrement expliquée. Suivant Tyndall, elle résulterait de l'étirement de la glace sur les bords du glacier, étirement qui résulte de l'inégalité de mouvement entre le milieu du glacier et ses bords : aussi est-ce sur les parties marginales des glaciers que cette structure s'observe le plus distinctement.

Les rubans d'impuretés, ou *bandes*, qui apparaissent dans la glace de plusieurs glaciers, ne sont pas encore non plus expliqués avec certitude. M. Ch. Martins les envisage comme les derniers vestiges des couches du nevé qui seraient chargées d'impuretés, et dont les tranches viendraient affleurer sur certains points lorsqu'elles sont mises à nu par la fusion de la glace qui les enchâsse.

Les moraines sont des amas formés par le détritus des montagnes qui s'éboulent sur les bords des glaciers. La confluence de deux glaciers amène deux moraines latérales au centre du fleuve de glace, et forme ainsi une bande de blocs et de graviers qui prend alors le nom de moraine centrale. On distingue les moraines superficielles, profondes, terminales, etc.

Nous ne dirons rien des nombreux phénomènes de détail qui s'observent sur les glaciers, et qui sont décrits d'une manière complète dans l'ouvrage de M. W. Hüber ; telles sont les roches polies, la réapparition des blocs enchâssés dans la glace, les cônes et tables de glaciers ; les moulins, trous méridiens, sutures, etc., etc. Ajoutons seulement que la fonte du glacier ne s'arrête pas en hiver : elle ne fait que diminuer, dans de grandes proportions il est vrai. Les ruisseaux qui en sortent dans cette saison ont leurs eaux limpides, tandis qu'en été elles sont limoneuses et sordides. Nous ne saurions croire que cette différence provienne de ce que le glacier, grâce à sa marche plus lente, n'érode que peu les roches de son lit : elle tient probablement à ce que la surface du glacier et les impuretés qu'elle charrie étant alors ensevelies sous la neige, les ruisseaux sont alimentés, non plus par la fusion de la sur-

face du glacier, mais par celle des neiges superficielles ou des parois des crevasses qui ne contiennent guère de corps étrangers.

Le livre de M. Hüber est un résumé complet de la glaciologie des Alpes. L'auteur y ajouterait un utile supplément par la description des glaciers polaires. Du reste, son livre n'entre dans aucune application géologique de la glaciologie ; il ne traite que des glaciers actuels. La glaciologie ancienne est un champ non moins riche à exploiter, dont le tableau nous semblerait former le complément naturel de celui de nos glaciers modernes. H. S.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

DuBois-Reymond. Ueber die electromotorische kraft, etc. Sur le pouvoir électromoteur des nerfs et des muscles. (*Archiv für Anat. und Phys.* 1867, p. 417-498.)

Les nouvelles méthodes de compensation imaginées par M. DuBois-Reymond[1] ont permis à ce savant d'aborder le problème de la grandeur absolue du pouvoir électromoteur des nerfs et des muscles. Il est arrivé à l'exprimer en une fraction de la force d'un élément de Daniell. M. Jules Regnauld et M. Wundt se sont occupés déjà tous deux de cette question, mais les résultats auxquels ils sont arrivés donnent, selon M. DuBois, une idée beaucoup trop faible du pouvoir électromoteur des muscles. Des expériences faites avec le *gracilis* et le *semimembranosus* des grenouilles, muscles dont les fibres sont disposées très-régulièrement, donnent pour valeur du pouvoir électromoteur jusqu'à 0,08 de l'élément de Daniell. Lorsqu'on traite ces deux muscles ensemble comme un muscle unique, on obtient des valeurs plus fortes. Cet accroissement de la force électromotrice avec celui de la surface de la section transversale résulte de ce que le rapport

[1] Voyez *Archives des Sciences phys. et nat.*, 1863, t. XVII, p. 348.

de la surface longitudinale à la section transversale est plus petit dans les muscles épais, et que l'action délétère de l'air se trouve relativement diminuée. Conclure des expériences que les muscles épais ont un pouvoir électromoteur spécifiquement supérieur à celui des muscles plus minces serait erroné. M. DuBois condamne expressément la méthode employée par M. Regnauld. Le savant français a employé, en effet, dans ses expériences « l'élément Matteucci, » c'est-à-dire une cuisse de grenouille coupée transversalement. Or, une telle préparation donne forcément des résultats faux, parce que les muscles se rétractant à des degrés divers, la prétendue section transversale se trouve faite en escalier et renferme des parties de sections longitudinales intercalées entre des parties de sections transversales. De là les chiffres trop faibles obtenus par M. Regnauld.

Il est intéressant de comparer le pouvoir électromoteur des muscles chez les animaux à sang chaud et chez ceux à sang froid. M. Matteucci a déjà fait une tentative dans ce sens. Il a opposé des piles de muscles de pigeon et de lapin à des muscles de grenouille : Les premières l'emportèrent au premier abord; mais au bout de 20 à 30 minutes, le courant était devenu nul, et, après une heure écoulée, la déviation de l'aiguille eut lieu dans le sens des muscles de grenouille. Cependant M. DuBois conteste aussi à ces expériences toute valeur, à cause de la structure irrégulière des muscles [1] à l'aide desquels elles furent faites. Lui-même se sert dans ses expériences du couturier du chien et du sterno-cléido-mastoïdien des lapins, auxquels on ne peut pas faire ce reproche. Les valeurs qu'il a ainsi obtenues pour les muscles des animaux à sang chaud sont inférieures à celles fournies par les muscles de grenouilles vigoureuses. M. DuBois n'en conclut pourtant point que le pouvoir électromoteur des muscles chez les animaux à sang chaud soit inférieur à celui des ani-

[1] Voyez sur ce sujet, *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1864, t. XX, p. 71.

maux à sang froid. Il rappelle combien les muscles perdent rapidement leur vitalité chez les premiers, au point qu'on ne réussit pas à les tétaniser par le nerf une fois séparés du corps. Les résultats différents obtenus par MM. Matteucci, Cima et Regnauld seraient dus à une manipulation fausse des muscles de grenouille, et la valeur trop forte obtenue par M. Regnauld pour les muscles de lapin tiendrait à l'action des miroirs tendineux des muscles étudiés par lui.

MM. Matteucci et Cima ont tenté de comparer le pouvoir électromoteur des nerfs et des muscles par voie de compensation. Mais ces expériences perdraient leur valeur, selon M. DuBois-Reymond, par suite de l'emploi de masses de muscles irrégulières, et les chiffres obtenus par ces savants seraient beaucoup trop faibles. M. DuBois trouve la force électromotrice du nerf sciatique des grenouilles égale à celle de l'extrémité supérieure du muscle cutané, dont la section transversale est pourtant bien plus grande. La comparaison des animaux à sang chaud et de ceux à sang froid ne donne pas plus pour les nerfs que pour les muscles une valeur supérieure du pouvoir électromoteur en faveur des premiers. Il est à peine permis d'invoquer ici la perte de vitalité, qui n'est point rapide pour les nerfs comme pour les muscles.

L'auteur s'est aussi occupé de déterminer le pouvoir électromoteur des nerfs pendant l'état électrotonique. Dans cette partie de son travail, il adopte entièrement la nomenclature de M. Pflüger[1]. Le résultat essentiel, c'est que, au point de vue de la force électromotrice, le nerf n'est point dans un état d'équilibre pendant l'électrotonus, mais au contraire dans un état de variation continuelle, variation dont les lois sont différentes pour l'état anélectrotonique et l'état catélectrotonique. En effet, à partir du commencement de l'observation, la force du courant catélectrotonique diminue pour s'approcher asymptotiquement d'une limite inférieure, tandis que le courant analectrotonique va d'abord en augmentant,

[1] Voyez *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1860, t. VII, p. 5.

atteint un maximum, puis, après un temps relativement long, diminue. Il est remarquable que cette marche des courants soit parfaitement conforme aux variations de l'irritabilité telles que M. Pflüger les a reconnues durant l'état électrotonique. Soit le courant, soit la diminution de l'irritabilité pendant l'état anélectrotonique atteignent avec lenteur un maximum pour diminuer ensuite graduellement. Pour la phase catélectrotonique la similitude est moins parfaite. En effet, M. DuBois voit diminuer le courant dès le commencement de l'expérience, tandis que M. Pflüger a vu l'augmentation d'irritabilité croître d'abord pour diminuer ensuite. M. DuBois paraît penser que la variation du courant correspondant à cette première partie du phénomène catélectrotonique étudié par M. Pflüger, lui a échappé à lui-même.

Si des mensurations très-exactes prouvaient que tout pouvoir électromoteur résultant d'une cause déterminé est inférieur à celui des muscles et des nerfs, il en résulterait forcément que cette cause déterminée n'est pas celle qui produit les courants électro-animaux. Cette réflexion a conduit M. DuBois à une longue série d'expériences sur la force des *piles de liquides*. Il est arrivé ainsi à des résultats assez inattendus. En effet, les piles formées par des acides concentrés, des bases alcalines et des dissolutions de sels ont été trouvées relativement très-faibles, fort inférieures dans tous les cas aux piles formées par une dissolution de sucre, de l'alcool, de la glycérine étendue d'eau, de l'eau distillée et du sulfate de zinc. Résultat bien frappant si l'on se rappelle la vive discussion entre la théorie du contact et celle de l'origine chimique du courant de la pile. La connaissance de ces phénomènes a permis à M. DuBois de reprendre avec succès l'étude des phénomènes chimiques qui se passent dans les muscles.

On sait, en effet, qu'il ne manque pas de personnes disposées à attribuer le pouvoir électromoteur des muscles et des nerfs à des actions chimiques extérieures. Telle fut, en parti-

culier, l'opinion exprimée par M. Pouillet comme rapporteur de la commission de l'Académie des sciences de Paris pour l'électricité physiologique. Toutefois, cette commission n'exprima jamais en quoi pouvait consister ces actions chimiques. En revanche, M. de Liebig fut plus explicite en 1847 : « Les » vaisseaux sanguins et lymphatiques, disait-il, renferment » une liqueur alcaline : le liquide musculaire qui les entoure » est acide, et la paroi de ces vaisseaux est perméable pour » l'un ou l'autre de ces liquides. Ce sont là deux conditions » propres à déterminer un courant électrique. » Ce point de vue eût été exact si les chimistes avaient eu raison de croire les muscles acides pendant la vie. Du moins le courant dirigé de la section longitudinale à la section transversale des muscles aurait peut-être pu s'expliquer de cette manière. Mais M. DuBois [1] a montré l'inanité de cette explication, en prouvant que la section transversale parfaitement fraiche d'un muscle réagit ou bien comme la section longitudinale, c'est-à-dire d'une manière faiblement basique, comme le sérum du sang, ou bien à la manière de ces réactions neutres que M. Heidenhain a récemment qualifiées d'*amphichromatiques*. On aurait pu, il est vrai, penser que le courant résulte de la réaction alcaline de la section longitudinale et de la réaction plus faiblement alcaline ou même neutre de la section transversale. On comprendrait alors pourquoi le courant disparaît, la rigidité cadavérique une fois déclarée, puisqu'alors les deux sections deviennent acides. On pourrait invoquer à l'appui de cette hypothèse le fait que le pouvoir électromoteur d'un muscle peut être augmenté par l'acidification artificielle de la plaque d'argile contre laquelle presse la section transversale du muscle. Mais l'augmentation ainsi produite est précisément si faible qu'elle suffit pour montrer que le courant musculaire ne saurait résulter de ces différences de réaction.

[1] Voyez sur ce sujet, *Archives des Sciences phys. et nat.*, septembre 1859, p. 70, et mars 1860, p. 304.

Par une série d'expériences, M. DuBois démontre qu'aucune des différences chimiques qui se manifestent dans le muscle, même pendant qu'il est en voie de mourir, ne sauraient produire une force électromotrice comparable à celle du nerf. Il pense avoir mis à néant de cette manière toutes les discussions sur la production possible des courants électro-animaux par les actions chimiques extérieures. Il ne nie point pourtant que des actions chimiques n'existent. Il s'est occupé, au contraire, de les rechercher, d'étudier le courant qui en résulte et qu'il appelle le courant externe par opposition au courant interne ou propre. Il a déterminé la force et la direction de ce courant. Mais précisément de cette manière il arrive à montrer que les effets des actions chimiques sont entièrement distincts du courant musculaire auquel ils s'additionnent algébriquement pour en augmenter ou en diminuer l'intensité selon les circonstances.

E. C.

DuBois-Reymond. Ueber die Erscheinungsweise, etc. Sur le mode de manifestation des courants musculaire et nerveux dérivés à l'aide des nouvelles méthodes. (*Archiv für Anat. u. Physiol.* 1867, p. 857).

Les nouveaux appareils et modes d'expérimentation imaginés par M. DuBois, dans un but électro-physiologique[1], ont conduit leur auteur à des résultats assez inattendus. Le mode de manifestation des courants électriques animaux à l'aide du multiplicateur, tel qu'il est décrit dans les *Recherches* de M. DuBois, paraît aujourd'hui si profondément modifié que, d'après les expressions de l'auteur lui-même, on croirait à peine avoir affaire aux mêmes phénomènes.

Le nouvel appareil pour la dérivation des courants musculaire et nerveux est, dans les circonstances ordinaires, pour

[1] Voyez *Archives des Sciences phys. et natur.* 1863, t. XVII, p. 348.

ainsi dire libre de toute polarisation et de résistance secondaire. Du moins les polarisations sont-elles trop faibles pour modifier les résultats. En revanche, les muscles aussi bien que les nerfs sont susceptibles de se polariser intérieurement, soit par des courants étrangers, soit par leur courant propre. Pour s'en assurer, il suffit de placer sur les plaques d'argile de l'appareil un muscle reposant sur ces plaques par deux points symétriques de la section longitudinale ou par deux sections transversales artificielles, de manière à ce que le courant dérivé soit nul ou presque nul, et de le faire traverser par un courant étranger de force constante. Dès ce moment, la constance de ce courant étranger cesse : il va en diminuant graduellement. Si, après avoir laissé traverser le muscle pendant un certain temps par ce courant, on place subitement l'appareil dans le cercle de la boussole, la déviation a lieu en sens contraire de la direction du courant dans le muscle. Cette déviation ne peut résulter que d'une polarisation de l'appareil. M. DuBois montre qu'il ne peut s'agir d'une polarisation extérieure produite au contact du muscle et de l'argile, mais seulement d'une polarisation interne du tissu musculaire.

M. DuBois a jadis montré que le pouvoir électromoteur entre la section longitudinale et la section transversale d'un muscle dépend soit des conditions de nutrition de l'animal, soit des proportions du muscle mis en expérience. Il croît, en effet, avec la surface des sections. Cependant les résultats obtenus dans les expériences, malgré les précautions les plus minutieuses, sont sujets à des variations extrêmes, même lorsqu'on opère avec un seul et même muscle. M. DuBois montre que ces variations ne tiennent pas seulement à la difficulté de dériver le courant exactement des mêmes points de la section longitudinale, mais aussi et surtout à la manière dont la section transversale touche la plaque d'argile.

Place-t-on le *gracilis* ou le *semi-membranosus* d'une grenouille en contact avec les plaques d'argile de l'appareil par la

section longitudinale naturelle et la section transversale artificielle, on voit, en général, le courant produire une déviation de l'aiguille du galvanomètre ou de la boussole, déviation qui correspond à une force électromotrice déterminée, susceptible d'être mesurée à l'aide du compensateur de M. DuBois. A partir de ce moment, la déviation diminue, et si l'on mesure de temps en temps la force électromotrice, on la trouve également dans un état de diminution lente et graduelle. Cependant quelquefois la force du courant musculaire augmente dans les premiers instants qui suivent le placement du muscle sur l'appareil. Cette augmentation est parfois de plus d'un quart de la force primitive. Ce phénomène apparaît plutôt lorsqu'on expérimente avec des muscles épais. Il se manifeste d'une manière d'autant plus sûre que l'animal est mort depuis plus longtemps. Cette dernière circonstance devait mettre sur la voie de la cause de ce singulier phénomène. M. DuBois le rapporte à la couche plus ou moins épaisse qui meurt à la surface de la section transversale, et devient en même temps acide. Pour s'assurer de l'exactitude de cette interprétation, l'auteur mesure d'abord la force d'un *gracilis* disposé comme d'ordinaire sur les plaques d'argile. Puis il lave la section transversale avec de l'acide lactique étendu, et mesure de nouveau la force. Elle a toujours subi dans ce cas une augmentation notable. Le phénomène se réduit donc à ceci : tandis que la section transversale du muscle touche la plaque d'argile, elle devient acide. Cette acidité pénètre l'argile, et si la force du courant musculaire proprement dit ne diminue pas trop rapidement (car la diminution immédiate a lieu régulièrement pour le muscle coupé), on observe en apparence une augmentation de la force. Le siége de cette force étrangère serait, selon M. DuBois, dans l'épaisseur de la plaque d'argile, au contact de la partie acide de l'argile avec la partie non encore acidifiée.

Cependant cette cause d'erreur une fois éliminée, M. DuBois s'est convaincu qu'il ne s'en manifeste pas moins une

augmentation du courant musculaire, un certain temps après la mort, dans les préparations non écorchées. C'est là ce qu'il appelle *l'accroissement post-mortel du courant musculaire.* Ce phénomène remarquable semblerait, au premier abord, pouvoir être exploité contre la nature physiologique du courant musculaire. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'on observe après la mort aussi un accroissement des effets mécaniques des muscles. Dans ses *Recherches sur la nutrition des muscles.* M. Ludimar Hermann parle de l'augmentation d'irritabilité des muscles séparés du corps comme d'un phénomène ordinaire. Cette augmentation simultanée de l'effet mécanique et de l'augmentation de la force électromotrice des muscles après la mort est, dans tous les cas, bien digne d'attention. En outre, cette augmentation post-mortel de la force électromotrice musculaire ne se manifeste pas lorsque la peau est enlevée, ce qui résulte sans doute de l'action corrosive de l'air sur la surface des muscles. Cette remarque jette forcément une certaine incertitude sur les nombreuses expériences faites jusqu'ici à l'aide de muscles écorchés. En effet, ces muscles paraissent se recouvrir très-rapidement d'une couche dépourvue de vie qui doit altérer singulièrement les résultats obtenus.

Ch. Matteucci. Sur le pouvoir électromoteur secondaire des nerfs et ses applications a la physiologie. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* Paris, 22 et 29 juillet 1867.)

M. Matteucci a démontré que le passage d'un courant électrique dans un nerf détermine presque instantanément l'électrolysation de tous les points de ce tissu, et que les produits de cette électrolysation donnent lieu à des réactions chimiques et à des courants électriques secondaires dès que le premier courant a cessé de passer. Ce résultat n'est du reste point spécial au tissu nerveux. On obtient des phénomènes analogues à l'aide de couches de carton, d'argile ou de laine

imbibées d'eau, de tiges végétales, de tranches de pommes de terre, de betteraves, de courges, etc. Il suffit, après avoir fait traverser ces corps par un courant électrique, de les transporter sur les coussins du galvanomètre, pour obtenir un courant dont la direction est toujours contraire à celle du courant de la pile.

Toutefois, les nerfs présentent ces phénomènes avec une intensité et une persistance bien plus grande que tous les autres corps que nous avons mentionnés. On ne peut leur enlever cette propriété qu'en détruisant leur structure par la compression et la chaleur de l'eau bouillante. M. Matteucci s'est assuré qu'après avoir été traversé par le courant électrique, le nerf présente une réaction alcaline dans la moitié par laquelle entre le courant, tandis que l'autre moitié, celle tournée vers l'électrode négatif, donne une réaction acide plus faible. Cette observation conduit à des conclusions importantes. En effet, M. de Humboldt a déjà montré que les bases alcalines augmentent l'excitabilité des nerfs, et que les acides l'affaiblissent. Or cette observation, rapprochée de celle de M. Matteucci, paraît donner la clef de ce fait bien connu que le passage du courant inverse à travers un nerf donne lieu à des contractions très-violentes lorsqu'on ouvre le circuit, tandis que les nerfs parcourus par un courant direct perdent bientôt leur excitabilité. En effet, l'excitabilité d'un nerf est exaltée dans les points rapprochés de l'électrode négatif où l'alcali se dégage, et elle est diminuée auprès du pôle positif où les acides se développent.

M. Matteucci s'est aussi occupé de la détermination des causes qui président aux phénomènes désignés par M. DuBois-Reymond sous le nom d'état électrotonique, état que le savant italien est bien obligé de reconnaître ne se manifester d'une manière parfaitement claire que dans le tissu nerveux. M. Matteucci pense pouvoir admettre que l'état électrotonique est produit par des polarités secondaires développées dans le nerf. Mais, dans ce cas, quelle est donc la particularité

de structure du nerf qui peut rendre compte de la propriété qu'il possède presque exclusivement de donner lieu à la polarisation et à l'électrotonus ? M. Matteucci pense que cette propriété tient essentiellement à la présence du cylindre d'axe enveloppé de sa tunique médullaire. Il s'est assuré qu'un fil de platine très-mince, recouvert d'une double couche de fil de lin ou de coton imbibée d'eau, est un conducteur propre à acquérir les polarités secondaires avec une grande intensité. Un tel conducteur est, à ses yeux, parfaitement assimilable à une fibre nerveuse avec son cylindre d'axe. Il pense que l'électrolysation se fait d'une manière semblable dans le nerf et dans les conducteurs ainsi formés. En revanche, si l'on substitue au fil central de platine un fil de zinc parfaitement amalgamé et enveloppé d'une couche de fil imbibée de sulfate de zinc, ce fil ne jouit à aucun degré du pouvoir électromoteur secondaire. Un tel conducteur ne peut jamais présenter l'état électrotonique. M. Matteucci en conclut que là où les polarités secondaires manquent, le phénomène de l'électrotonus manque aussi, et que pour obtenir ce phénomène avec une grande intensité, il faut disposer un conducteur de manière que les polarités secondaires s'y développent facilement et sur une grande surface.

Cette assimilation d'un nerf dans l'état électrotonique à un conducteur métallique propre à développer des polarités secondaires est-elle suffisamment justifiée ? Une expérience bien connue de M. DuBois semble difficilement pouvoir se concilier avec elle. La transmission de l'état électrotonique est arrêtée par la ligature ou la section transversale du nerf. Le courant résultant des polarités secondaires dans le conducteur métallique est-il également arrêté par la ligature ou la section de ce conducteur ? La chose paraît douteuse ; c'est, en tous cas, une question que M. Matteucci ne paraît pas avoir abordée jusqu'ici.

G. GEGENBAUR. ZUR VERGLEICHENDEN ANATOMIE, etc. DE L'ANATOMIE COMPARÉE DU COEUR. (*Jenaer Zeitschrift*, Band II. 4, p. 365.)

Les travaux de Joh. Müller nous ont fait connaître la structure du cœur des poissons, surtout au point de vue du bulbe artériel et des valvules. Tiedemann avait cru le bulbe artériel contractile chez les Téléostéens aussi bien que chez les Sélaciens. Mais Müller montra que le bulbe des Téléostéens n'est pas formé d'éléments contractiles comme celui des Sélaciens, des Chimères et des Ganoïdes, et que son organisation est assez différente. « Chez les poissons dont le bulbe artériel musculaire renferme plusieurs rangées de valvules, disait Müller, la couche musculaire de ce bulbe a évidemment la valeur d'une loge accessoire du cœur ou d'un ventricule prolongé. Lorsque le bulbe se contracte, il déverse son sang dans l'artère proprement dite comme le fait le bulbe contractile d'un cœur de grenouille. Puis les valvules se distendent sous l'influence de la pression intra-artérielle. Les valvules supérieures atteignent par leur bord exactement le point où cesse l'enveloppe musculaire du bulbe; au delà l'artère reste pleine; en revanche, le bulbe musculeux est soustrait à la pression intra-artérielle pendant la pause des battements du cœur. Chez les téléostéens, c'est l'inverse; ici les valvules sont placées entre le ventricule et le bulbe aortique. Lorsque le ventricule se contracte, soit le bulbe, soit l'artère sont dilatés passivement. »

M. Gegenbaur a étudié les rangées multiples de valvules dans le bulbe aortique d'un grand nombre de Sélaciens et de Ganoïdes. Il arrive à ce résultat que toutes les valvules ne sont point semblables entre elles et que celles seulement du cycle antérieur sont de véritables valvules semi-lunaires, comparables morphologiquement et physiologiquement à celles des Téléostéens. Les autres sont de forme très-différente et ne

sauraient par leur distension amener comme les premières une occlusion du bulbe au moment de sa diastole. Leur apparence est d'ailleurs variable. L'auteur leur trouve souvent une forme qu'il désigne sous le nom de *valvules ligulées.* Ce sont des lambeaux qui s'attachent par une large base à la paroi du bulbe et dont le bord arrondi fait saillie dans le calibre de l'organe. La colonne de sang artériel presse d'avant en arrière sur ces valvules et les amène de leur position oblique normale dans une position horizontale. Elles produisent alors une occlusion partielle du calibre, occlusion qui peut devenir complète pendant la contraction du bulbe. Quelques filets tendineux empêchent les valvules de se renverser au delà de la position horizontale. Ces valvules ligulées entrent donc en jeu au moment de la systole du bulbe, et leur existence implique la contractilité de la paroi de celui-ci. Au contraire, les valvules de la rangée antérieure n'entrent en jeu qu'*après* le systole du bulbe.

La rangée antérieure de valvules aortiques, chez les Sélaciens et les Ganoïdes étant seule comparable aux valvules des Téléostéens, il n'est plus possible de considérer le bulbe artériel des premiers, placé en arrière de ces valvules, comme l'homologue du bulbe artériel des seconds, placé en avant d'elles. Selon M. Gegenbaur, le prétendu bulbe aortique des Sélaciens et des Ganoïdes appartient entièrement au cœur. Même chez les Téléostéens, le ventricule se prolonge en un tube musculaire à la suite duquel viennent les valvules et le bulbe proprement dit. Ce tube musculaire est, il est vrai, en général, fort court, mais, dans certains cas, comme chez les Brochets, il constitue un cône d'une longueur considérable. Le prétendu bulbe contractile des Sélaciens, des Chimères et des Ganoïdes serait donc l'homologue de ce cône musculaire des Téléostéens et point de leur bulbe artériel non contractile.

M. Gegenbaur nous fait aussi connaître quelques résultats intéressants relatifs au cœur des reptiles et à sa comparaison

avec celui des oiseaux. Il montre que, chez les crocodiles, il existe à l'orifice atrio-ventriculaire droit une disposition jusqu'ici ignorée qui rappelle la valvule musculaire du cœur des oiseaux. Il faut distinguer à cet orifice deux appareils valvulaires bien distincts. L'un est une valvule musculaire qui naît de la paroi de l'oreillette et s'étend dans le ventricule. Cet appareil est peu développé chez les crocodiles ; il l'est davantage chez les oiseaux, où il existe seul. L'autre est une valvule membraneuse qui existe chez les crocodiles, mais qui fait défaut chez les oiseaux.

La valvule musculaire des oiseaux et des reptiles aurait, d'après les auteurs, un homologue parmi les mammifères, à savoir chez les Monotrèmes. Cependant M. Gegenbaur montre qu'une étude attentive de la valvule atrioventriculaire droite chez l'ornithorynque n'est pas favorable à cette opinion. Elle révèle plus de dissemblances que d'affinités réelles. En particulier, tandis que chez les oiseaux la valvule musculaire naît du coté externe du ventricule, elle prend naissance chez l'ornithorynque sur la cloison. E. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1867.

Le 1er, gelée blanche le matin; forte rosée le soir; couronne lunaire le soir de 6 h à 7 h.
4, couronne lunaire dans la soirée.
8, gelée blanche le matin.
9, id.
12, couronne lunaire dans la soirée.
14, brouillard à peu près tout le jour; dans la soirée belle couronne lunaire à plusieurs reprises.
16, couronne lunaire le matin de bonne heure; halo solaire partiel de 1 ½ à 2 heures.
26, forte gelée blanche le matin.
27, id.

Variations extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 8 1/2 h. matin.	735,55
8 à 10 h. matin...	740,46
22 à 8 h. soir.....	734,93
25 à 8 h. matin...	738,14
29 à 10 h. matin...	736,34

MINIMUM.	mm
Le 2 à 6 h. matin...	727,39
5 à 4 h. soir.....	728,32
16 à 10 h. soir.....	714,18
23 à 2 et 4 h. soir.	731,79
27 à 2 h. apr.-m..	730,86

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm.
1	730,12	+ 3,92	+ 6,44	—0,62	+ 0,2	+13,0	7,11	+0,74	938	+ 89	770	1000	...	..	variable	0,07	11,6	— 0,1	120
2	730,09	+ 3,88	+ 6,99	+0,11	+ 4,7	+10,5	5,82	—0,47	774	— 75	520	910	1,9	3	NNE. 3	0,54	11,2	— 0,4	118
3	733,78	+ 7,57	+ 4,26	—2,45	+ 2,6	+ 6,4	3,82	—2,40	631	—219	500	710	...	..	NNE. 3	0,14	...	.....	117
4	734,24	+ 8,02	+ 3,08	—3,46	+ 0,1	+ 6,8	4,18	—1,96	736	—114	540	850	...	..	N. 1	0,32	10,7	— 0,6	115
5	729,62	+ 3,39	+ 4,73	—1,64	— 1,2	+ 9,7	4,89	—1,18	752	— 98	630	970	...	..	NNE. 1	0,24	10,7	— 0,5	113
6	730,40	+ 4,16	+ 4,14	—2,06	+ 2,5	+ 7,0	3,76	—2,23	629	—221	500	810	...	..	NNE. 3	0,17	10,2	— 0,8	113
7	737,06	+10,81	+ 1,69	—4,34	— 0,8	+ 5,1	3,33	—2,59	660	—190	450	820	...	..	NNE. 1	0,10	10,2	— 0,7	109
8	739,64	+13,38	+ 1,71	—4,15	— 3,9	+ 8,1	4,19	—1,66	805	— 46	560	1000	...	..	variable	0,01	10,1	— 0,7	107
9	736,52	+10,25	+ 5,39	—0,30	— 2,5	+11,4	5,34	—0,44	774	— 77	590	990	...	..	NNE. 2	0,11	10,0	— 0,7	106
10	733,36	+ 7,08	+ 6,60	+1,08	+ 3,0	+11,0	5,15	—0,56	721	—130	520	860	...	..	NNE. 1	0,13	...	.....	103
11	732,13	+ 5,83	+ 3,20	—2,16	— 0,1	+ 7,8	5,38	—0,26	919	+ 68	820	960	...	..	SSO. 1	0,79	9,9	— 0,5	101
12	729,49	+ 3,17	+ 5,14	—0,05	+ 3,3	+ 7,9	5,97	+0,39	904	+ 53	780	950	...	..	variable	0,86	9,9	— 0,4	101
13	729,29	+ 2,96	+ 4,95	—0,08	+ 3,6	+ 7,1	6,10	+0,59	938	+ 87	820	1000	2,7	4	SO. 1	1,00	9,9	— 0,3	100
14	727,63	+ 1,28	+ 4,70	—0,16	+ 3,2	+ 7,2	6,31	+0,87	971	+120	880	1000	0,8	3	SSO. 1	0,97	9,9	— 0,1	97
15	724,04	— 2,33	+ 7,79	+3,09	+ 3,0	+16,0	6,84	+1,46	854	+ 3	590	990	...	..	variable	0,59	9,9	0,0	96
16	717,09	— 9,30	+ 9,24	+4,70	+ 5,2	+16,8	7,28	+1,96	825	— 27	710	900	...	..	variable	0,62	10,0	+ 0,2	95
17	716,64	— 9,77	+ 9,06	+4,68	+ 7,0	+12,8	7,64	+2,38	886	+ 34	800	940	...	..	N. 1	0,71	...	.....	97
18	724,60	— 1,83	+ 6,27	+2,05	+ 3,9	+10,2	6,13	+0,93	862	+ 10	760	970	...	..	N. 2	0,62	10,0	+ 0,5	98
19	731,30	+ 4,85	+ 2,54	—1,52	— 1,2	+ 6,1	4,52	—0,62	844	— 8	700	970	...	..	N. 1	0,40	9,1	— 0,3	100
20	731,44	+ 4,97	+ 2,24	—1,67	— 2,7	+ 6,6	4,28	—0,80	785	— 67	590	960	...	..	variable	0,82	9,5	+ 0,2	100
21	731,35	+ 4,86	+ 1,84	—1,92	0,0	+ 5,8	4,29	—0,73	819	— 34	580	980	0,5	3	NNE. 2	0,62	9,5	+ 0,3	99
22	733,29	+ 6,77	+ 0,28	—3,33	— 0,6	+ 2,5	3,37	—1,60	732	—121	580	940	...	..	N. 3	0,40	7,6	— 1,4	104
23	732,45	+ 5,91	+ 2,03	—1,43	— 0,7	+ 5,2	3,96	—0,96	746	—107	620	920	...	..	NNE. 2	0,60	8,7	— 0,2	97
24	735,35	+ 8,78	+ 0,11	—3,20	— 1,6	+ 3,5	3,58	—1,29	793	— 60	520	890	...	..	N. 2	0,18	...	.....	96
25	737,33	+10,74	— 2,67	—5,84	— 5,8	+ 0,1	3,24	—1,58	868	+ 14	770	940	...	..	N. 1	0,31	7,9	— 0,8	95
26	733,79	+ 7,17	— 3,42	—6,44	— 6,9	+ 3,1	2,99	—1,78	850	— 4	530	1000	...	..	S. 1	0,13	7,7	— 0,9	94
27	731,22	+ 4,57	— 1,89	—4,77	— 7,5	+ 3,0	3,52	—1,20	853	— 1	710	950	...	..	variable	0,69	7,8	— 0,7	93
28	735,07	+ 8,40	+ 1,04	—1,70	— 1,6	+ 2,5	3,92	—0,75	789	— 65	700	820	..	..	NNE. 1	0,92	7,7	— 0,6	92
29	735,76	+ 9,06	— 0,13	—2,72	— 1,0	+ 1,0	3,82	—0,80	846	— 9	740	910	...	..	NNE. 1	0,99	7,7	— 0,5	91
30	734,92	+ 8,19	— 1,95	—4,40	— 4,2	+ 2,6	3,56	—1,02	915	+ 60	760	1000	...	..	variable	0,43	7,7	— 0,4	93

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	733,38	733,98	734,05	733,54	733,08	733,01	733,55	733,65	733,84
2 «	726,27	726,77	726,94	726,45	725,95	725,99	726,39	726,50	726,50
3 «	733,99	734,33	734,66	734,15	733,65	733,75	734,04	734,22	734,28
Mois	731,21	731,69	731,88	731,38	730,89	730,92	731,33	731,46	731,54
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 1,64	+ 2,34	+ 5,40	+ 7,33	+ 7,91	+ 7,85	+ 6,06	+ 4,77	+ 3,47
2e «	+ 4,25	+ 4,50	+ 6,61	+ 7,81	+ 8,33	+ 7,45	+ 5,93	+ 5,28	+ 4,55
3e «	— 1,44	— 1,12	+ 0,14	+ 1,25	+ 2,11	+ 1,17	+ 0,18	— 0,84	— 1,26
Mois	+ 1,48	+ 1,91	+ 4,05	+ 5,46	+ 6,12	+ 5,49	+ 4,06	+ 3,07	+ 2,25
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,40	4,61	5,05	5,08	4,91	4,72	4,83	4,71	4,80
2e «	5,78	5,87	6,38	6,43	6,31	6,21	6,06	5,84	5,80
3e «	3,69	3,65	3,69	3,68	3,73	3,68	3,75	3,54	3,49
Mois	4,62	4,71	5,04	5,06	4,99	4,87	4,88	4,69	4,70
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	845	842	736	650	604	576	675	722	810
2e «	922	924	862	806	764	796	854	860	904
3e «	892	858	788	728	693	737	808	826	842
Mois	886	875	795	728	687	703	779	803	852

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 0,47	+ 8,90	0,18	10,59	1,9	112,1
2e «	+ 2,52	+ 9,85	0,74	9,79	3,5	98,5
3e «	— 2,99	+ 2,93	0,53	8,03	0,5	95,4
Mois	0,00	+ 7,23	0,48	9,40	5,9	102,0

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,20 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 14°,8 E., et son intensité est égale à 62,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1867.

Le 2,	brouillard	de 4 à 6 h. du soir.
13,	id.	jusqu'à 10 h. du matin.
15,	id.	tout le jour.
16,	id.	id.
17,	id.	jusqu'à 2 h. de l'après-midi
18,	id.	depuis 10 h. du matin à 8 h. du soir.
20,	id.	depuis 2 h. de l'après-midi.
21,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
22,	id.	à 6 h. du matin.
23,	id.	jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
27,	id.	depuis 8 h. du soir.
28,	id.	à 6 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2 à 4 h. après-m.	564,28
Le 4 à 8 h. matin...	567,30	6 à 6 h. matin...	562,62
8 à 10 h. soir....	574,04	17 à 6 h. matin...	555,14
19 à 8 h. soir....	566,74	21 à 4 et 6 h. soir.	560,05
22 à 8 et 10 h. soir.	563,93	23 à 4 h. après-m.	562,55
25 à 8 h. matin...	567,06	27 à midi.........	561,95
30 à 10 h. matin...	569,41		

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	569,80	+ 6,61	569,40	570,24	+ 5,66	+ 8,97	+ 4,4	+ 8,3	.....	.....	......	SO. 1	0,00
2	563,16	+ 2,03	564,28	566,76	— 3,64	— 0,19	—10,4	+ 3,5	.....	....	......	NE. 2	0,67
3	566,24	+ 3,17	565,51	566,94	— 7,19	— 3,60	—10,8	— 5,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
4	566,85	+ 3,85	566,45	567,30	— 3,95	— 0,21	— 6,8	— 1,1	.....	.....	......	NE. 1	0,43
5	563,31	— 0,63	562,86	564,12	— 5,87	— 1,99	— 7,1	— 4,0	.....	.....	......	NE. 2	0,03
6	563,79	+ 0,91	562,62	565,17	— 5,23	— 1,21	— 6,5	— 2,8	.....	.....	......	NE. 2	0,03
7	569,33	+ 6,51	566,83	571,43	— 3,12	+ 1,04	— 4,3	— 2,0	.....	.....	......	NE. 1	0,00
8	573,61	+10,85	572,71	574,04	— 0,65	+ 3,64	— 1,6	+ 1,5	.....	.....	......	NE. 1	0,00
9	571,54	+ 8,94	570,85	572,71	— 0,40	+ 4,03	— 2,8	+ 3,9	.....	.....	......	NE. 2	0,25
10	569,21	+ 6,57	568,70	571,03	+ 0,76	+ 5,33	— 1,3	+ 3,9	.....	.....	......	NE. 1	0,03
11	567,40	+ 4,81	566,69	568,33	— 2,01	+ 2,69	— 3,4	+ 2,0	.....	.....	......	variable	0,13
12	565,38	+ 2,85	565,02	566,10	— 3,32	+ 1,51	— 5,0	— 0,4	.....	.....	......	SO. 2	0,16
13	565,76	+ 3,28	565,33	566,13	— 5,41	— 0,45	— 5,9	— 4,6	.....	.....	......	SO. 1	0,89
14	566,54	+ 4,12	565,90	567,01	— 4,11	+ 0,98	— 5,3	— 2,7	30	3,9	6	SO. 2	0,87
15	566,32	+ 3,95	565,93	566,92	— 2,10	+ 3,12	— 2,8	— 1,2	.....	.....	......	SO. 1	1,00
16	560,01	— 2,31	558,75	562,03	— 2,07	+ 3,28	— 2,3	— 1,0	80	15,6	6	SO. 2	1,00
17	557,11	— 5,16	555,14	558,77	— 3,06	+ 2,41	— 4,5	— 2,0	130	25,8	8	SO. 1	0,84
18	561,24	— 0,98	559,24	563,23	— 4,35	+ 1,24	— 6,4	— 2,7	.....	.....	......	NE. 1	0,89
19	566,02	+ 3,85	565,14	566,74	— 5,68	+ 0,03	— 7,7	— 3,2	.....	.....	......	NE. 3	0,00
20	562,20	+ 0,08	560,89	564,46	— 8,51	— 2,68	—12,3	— 3,8	.....	.....	......	NE. 3	0,57
21	560,72	— 1,35	560,05	561,31	—13,57	— 7,62	—14,5	—11,8	.....	.....	......	NE. 1	0,91
22	562,41	+ 0,38	560,58	563,93	—15,15	— 9,08	—17,8	—11,7	.....	.....	......	NE. 3	0,33
23	562,90	+ 0,92	562,55	563,54	—11,22	— 5,04	—12,0	— 9,3	.....	.....	......	NE. 1	0,97
24	563,60	+ 3,67	563,93	566,92	—11,12	— 4,83	—12,1	— 8,5	.....	.....	......	NE. 1	0,00
25	566,68	+ 4,79	566,55	567,06	— 8,60	— 2,20	—10,5	— 6,6	.....	.....	......	NE. 1	0,16
26	564,64	+ 2,79	563,87	565,65	— 5,73	+ 0,78	— 7,4	— 2,5	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
27	562,58	+ 0,77	561,95	563,53	— 8,53	— 1,91	—12,0	— 3,9	.....	.....	......	NE. 1	0,47
28	566,22	+ 4,45	564,71	567,07	— 8,55	— 1,82	—12,1	— 4,5	.....	.....	......	NE. 1	0,11
29	567,28	+ 5,55	566,75	568,25	— 6,14	+ 0,69	— 8,5	— 2,8	.....	.....	......	NE. 1	0,00
30	568,56	+ 6,87	567,65	569,41	— 4,04	+ 2,89	— 6,0	— 2,4	.....	.....	......	SO. 1	0,02

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,83	568,26	567,98	567,88	567,71	567,72	568,04	568,02	568,14
2e «	563,73	564,02	563,98	563,94	563,66	563,72	563,85	563,90	563,99
3e «	564,32	564,81	564,95	564,72	564,57	564,72	565,00	565,18	565,18
Mois	565,29	565,69	565,64	565,51	565,31	565,39	565,63	565,70	565,77
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,57	— 2,49	— 1,68	— 0,48	— 0,95	— 1,89	— 2,86	— 3,07	— 3,11
2e «	— 4,44	— 4,11	— 3,36	— 2,50	— 2,65	— 3,57	— 4,27	— 4,51	— 4,98
3e «	—10,54	— 9,64	— 8,84	— 7,39	— 7,84	— 9,23	— 9,20	— 9,21	— 9,33
Mois	— 5,85	— 5,41	— 4,63	— 3,46	— 3,81	— 4,90	— 5,44	— 5,60	— 5,81

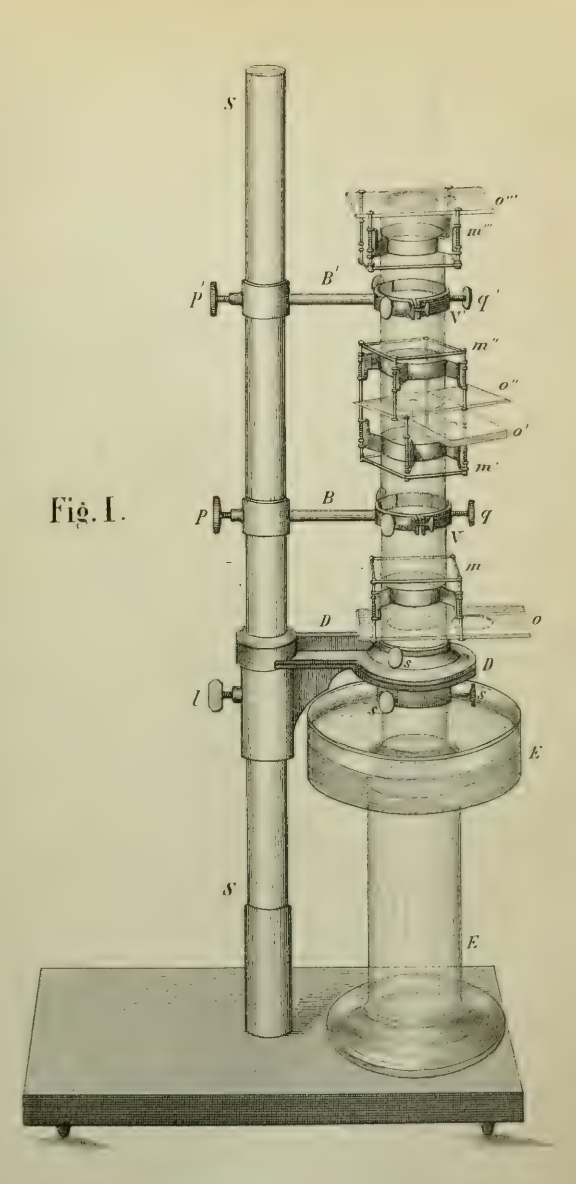
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 4,72	+ 0,59	0,14	0,0	0
2e «	— 5,56	— 1,96	0,63	45,3	240
3e «	—11,29	— 6,40	0,30	0,0	0
Mois	— 7,19	— 2,59	0,36	45,3	240

Dans ce mois, l'air a été calme 9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,57 à 1,00.

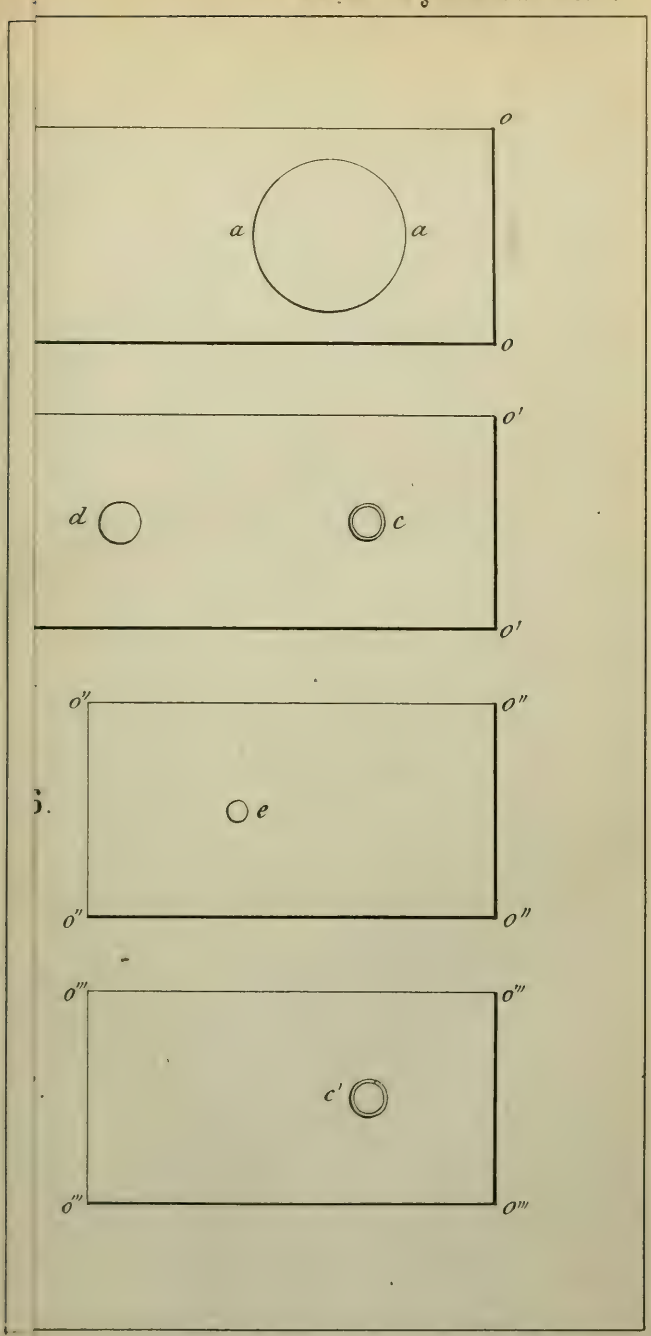
La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 66,7 sur 100.

* Voir la note du tableau.

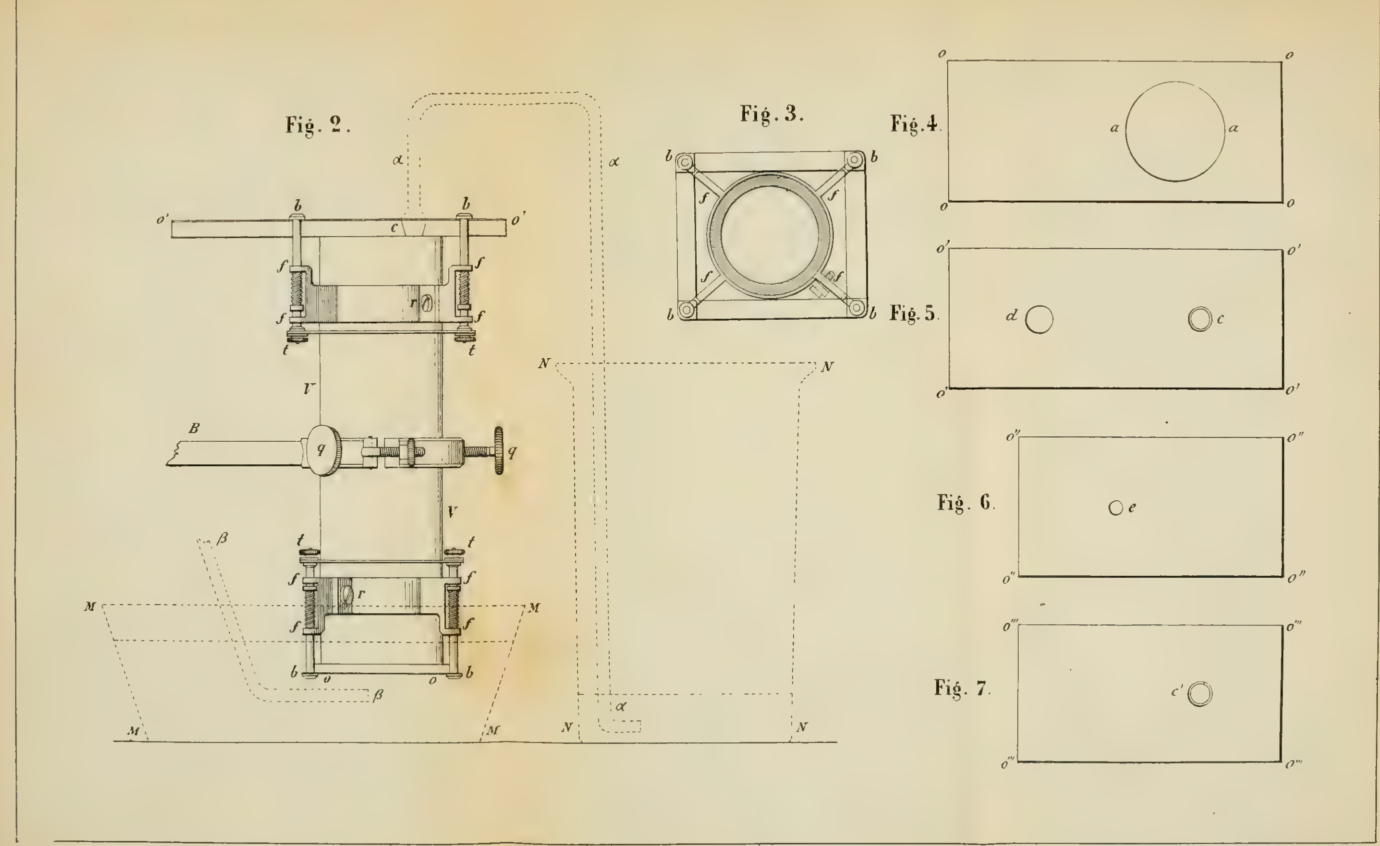


⅙ environ de grandeur naturelle.

Pl. II. (½ grandeur naturelle).



Lith. Kubli et Noverraz



Lith. Kubli et Noverraz

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXX (NOUVELLE PÉRIODE)

1867. — N°s 117 à 120.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1867. Tomes XXVIII à XXX (Nouvelle période).

G

H

I

K

L



